Conseil des sciences du Canada

Science Council of Canada

Abrégé du rapport 36

# L'école des sciences

## La jeunesse canadienne face à son avenir

Le texte intégral du rapport 36, *A l'école des sciences*, est disponible auprès du:

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Hull (Québec)
K1A 0S9

Veuillez joindre un chèque ou un mandat postal de 5,25 $, payable au Receveur général du Canada, à votre commande. Pour les commandes venant de l'étranger, le prix de cette publication est 6,30 $.

**Actions prioritaires pour le renouveau de l'enseignement des sciences au Canada**

1. L'enseignement des sciences doit être offert à tous les enfants de l'école primaire.

2. Il faut encourager les jeunes filles à suivre des cours de sciences pendant toute leur scolarité.

3. Il faut concevoir des cours de sciences invitants et stimulants pour les élèves les plus aptes.

4. Les sciences enseignées à l'école doivent refléter précisément l'activité scientifique, ses limitations et son utilisation.

5. La formation scientifique doit traiter des interactions entre sciences, technologie et société.

6. Les élèves ne doivent plus ignorer la contribution canadienne à la science et les incidences de la science sur la société canadienne.

7. Le programme du niveau secondaire devrait comprendre des cours de technologie.

8. Les enseignants et concepteurs de programmes doivent évaluer le progrès des élèves vers la réalisation de *tous* les objectifs de l'enseignement des sciences et non seulement l'acquisition du contenu scientifique.

C'est à l'école que se trouvent actuellement les citoyens et les décideurs de la prochaine génération. Il leur faudra braver un monde que les progrès rapides des sciences et des techniques rendent de plus en plus complexe. Pour s'y intégrer avec succès, ces Canadiens devront être formés, non seulement aux matières de base, les langues et les mathématiques, mais ainsi aux fondements nouveaux de la société contemporaine : les sciences et la technologie.

Notre système d'éducation peut-il réellement satisfaire les besoins de tous en matière de culture scientifique? Chaque élève reçoit-il une formation suffisante en cette matière? Convient-elle à ses besoins propres? Certaines catégories d'élèves, les jeunes filles en particulier, sont-elles négligées? Quels aspects des sciences faut-il enseigner aux jeunes, et comment s'y prendre? Quels sont, en effet, les objectifs visés par l'enseignement des sciences?

C'est pour répondre à ce genre de questions que le Conseil des sciences du Canada a fait réaliser une étude sur l'enseignement des sciences dans les écoles primaires et secondaires du Canada, laquelle a duré quatre années. En s'étayant sur un vaste programme de recherches et la consultation de nombreux groupes intéressés, tant au sein du système scolaire qu'à l'extérieur, l'étude a débouché sur la conclusion suivante : il est indispensable de renouveler l'enseignement des sciences, et d'y procéder sans aucun retard.

Dans son Rapport n° 36 : *À l'école des sciences—La jeunesse canadienne face à son avenir*, le Conseil des sciences analyse les conclusions de l'étude et présente des recommandations pour le renouveau de cet enseignement. Ce Rapport se répartit en quatre volets :

- Pourquoi étudier les sciences?
- L'enseignement actuel des sciences.
- Les possibilités de renouveau.
- Les stratégies de mise en œuvre.

**Pourquoi étudier les sciences?**

La consultation des groupes s'intéressant à l'enseignement des sciences a constitué une part importante de l'étude réalisée à l'initiative du Conseil des sciences : responsables de l'enseignement des sciences aux niveaux ministériel et scolaire, membres des commissions scolaires, parents, élèves et autres intéressés y ont participé. Ce processus a mis en relief un consensus grandissant au sein des participants, dont la plupart ont convenu que l'enseignement des sciences bénéficierait à tous les élèves. Mais une formation scientifique devant convenir aux besoins de chaque élève, ne portera tous ses fruits que :

- si elle lui permet de participer totalement à la société technologique en tant que citoyen éclairé;
- si elle l'aide à poursuivre des études scientifiques ou techniques ultérieures;
- si elle lui facilite l'accès au monde du travail; et
- si elle favorise son épanouissement intellectuel et moral.

*La formation scientifique du citoyen éclairé*

À l'ère technologique, on doit placer cet objectif de l'enseignement des sciences parmi les plus importants. Les membres de la collectivité doivent appréhender exactement les interactions entre sciences, technologie et société pour garder la maîtrise des forces qui façonnent le monde qui les entoure. Dans de nombreux pays étrangers, les autorités scolaires orientent la formation scientifique en mettant l'accent sur ces interactions entre sciences, technologie et société. Déjà, au Canada, on accorde à cet aspect une attention marquée, et il semble probable qu'il restera l'un des objectifs permanents de l'enseignement des sciences.

*La formation scientifique nécessaire à la poursuite des études*

De tout temps, la préparation des élèves à l'entrée au collège ou à l'université a été l'une des fonctions premières de l'enseignement secondaire. Les responsables pédagogiques commencent maintenant à en élargir le sens de la formation postsecondaire afin d'y inclure la formation permanente, et se demandent, par conséquent, quelle devrait être la préparation appropriée des jeunes.

La formation scientifique idéale devrait préparer les élèves à s'intéresser aux sciences tout au long de leur vie, et les y encourager. Il faudrait qu'elle soit articulée, non seulement avec l'enseignement des sciences déjà dispensé à l'élève, mais aussi avec celui qu'il suivra à l'avenir, et qu'elle soit coordonnée avec l'enseignement des autres matières. Les élèves ne devraient pas se contenter d'absorber passivement de l'information scientifique mais examiner la science elle-même de façon critique. Dans cette optique, le programme d'enseignement scientifique préparera les élèves à l'éducation permanente, et les aidera à remettre en question leurs propres connaissances.

*La formation scientifique au monde du travail*

La société a besoin de travailleurs qualifiés, et ceux-ci ont besoin d'emplois. Comme les facteurs technologiques détermineront la carrière de nombreux élèves, ceux-ci doivent apprendre l'influence de la technologie sur la nature du travail, le lieu où il se déroulera et les perspectives de carrière. Il ne faut pas que l'enseignement des sciences se limite à présenter les données scientifiques; il lui faut proposer à l'élève des problèmes réels qu'il pourra résoudre en utilisant ces données de façon créatrice. À l'avenir, bien des emplois exigeront que leur titulaire soit capable d'utiliser l'information disponible, et non simplement de l'apprendre et de la retenir.

*La formation scientifique et l'épanouissement personnel*

L'enseignement des sciences peut favoriser le développement d'un esprit rationnel chez les élèves et accroître leur capacité d'analyse critique. Comme les sciences sont basées sur la logique et le sens critique (tout comme les lettres et les sciences humaines), leur étude permet aux élèves de développer leurs habiletés d'observation, de classification et de formulation des hypothèses. En outre, comme les concepts scientifiques servent à l'explication de nombreux phénomènes, la formation scientifique permet aux élèves de mieux comprendre le monde qui les entoure et d'en maîtriser certains aspects. Mais si l'on veut qu'elle favorise leur développement intellectuel, il faut qu'elle tienne compte des habiletés et des connaissances que les élèves détiennent avant d'entreprendre leur apprentissage scientifique.

**Les orientations actuelles de l'enseignement des sciences**

Dans son Rapport : *À l'école des sciences*, le Conseil tire ses conclusions d'une vaste base de données recueillies au cours de quatre années de recherches sur l'enseignement des sciences au Canada.

Le programme de recherches avait été élaboré de façon à porter sur trois étapes du programme d'études scientifiques :

- le programme envisagé, dont les directives d'application prescrites par le ministère de l'Éducation compétent ont été analysées pour chaque province et territoire;
- le programme planifié par les commissions scolaires et les enseignants individuels, et qui a été étudié par le biais d'un sondage auprès des enseignants chargés des cours de sciences et d'une analyse des préfaces des manuels de sciences utilisés;
- le programme enseigné, celui que les élèves suivent en classe, qui a été étudié grâce à l'analyse du contenu de 33 manuels de sciences d'utilisation générale, et à huit études de cas d'enseignement des sciences dans des écoles de chaque région du Canada. (L'étude d'une quatrième étape, celle du programme réellement assimilé par les élèves, aurait exigé une évaluation des résultats obtenus dans les classes de sciences. Comme les divers ministères de l'Éducation estiment que cette évaluation relève de leur propre compétence, le Conseil des sciences a convenu de ne pas analyser ce quatrième palier du programme d'enseignement.)

*Le programme envisagé*

Les quatre objectifs de l'enseignement des sciences, tels qu'ils sont décrits à la page 2, sont mentionnés par la plupart des guides de programme, sans toutefois que ceux-ci leur assignent un ordre de priorité défini. Bien que ces guides fixent des objectifs portant sur les

interactions entre sciences, technologie, société et monde du travail, les moyens didactiques manquent souvent aux enseignants, tout comme les méthodes d'évaluation de la réalisation de ces objectifs. Le renouveau de l'enseignement des sciences exigera l'élaboration de ces moyens et méthodes pour chacun des objectifs envisagés.

*Le programme planifié*

En l'absence d'un ordre de priorité assigné aux divers objectifs de l'enseignement des sciences par les responsables des ministères de l'Éducation, ce sont les commissions scolaires et les enseignants qui désignent ceux qu'ils cherchent à atteindre dans les classes de sciences. Le sondage effectué à l'initiative du Conseil des sciences a montré, en général, que les enseignants du primaire et ceux du 1er cycle du cours secondaire favorisaient le développement des habiletés scientifiques et l'acquisition d'une attitude scientifique par leurs élèves, et qu'au 2e cycle les enseignants préféraient les orienter vers l'apprentissage du contenu des sciences. Les cours correspondants ne portent guère sur la technologie, les incidences sociales des progrès scientifiques ou l'histoire des sciences au Canada, habituellement à cause du manque de temps, ou parce que les enseignants considèrent qu'ils n'ont pas la formation universitaire nécessaire pour enseigner ces aspects de la culture scientifique.

*Le programme enseigné*

L'analyse de 33 manuels de sciences, menée à l'initiative du Conseil des sciences, a montré que la plupart d'entre eux ne mettent l'accent que sur l'apprentissage du contenu des sciences et l'acquisition d'habiletés scientifiques. Quelques manuels utilisés au 1er cycle du cours secondaire traitent aussi des interactions entre sciences, technologie et société; mais la plupart de ceux du 2e cycle portent sur les concepts et les méthodes propres à chaque discipline. Les travaux de laboratoire proposés par ces manuels sont fortement structurés, et les élèves n'ont guère l'occasion d'en débattre en classe.

Les huit études de cas d'enseignement des sciences ont montré le grand décalage existant entre les intentions des responsables ministériels et ce qui se passe vraiment dans la salle de classe. Au primaire, on enseigne les sciences sans disposer, la plupart du temps, de l'appareillage nécessaire, et les responsables n'y assignent que bien rarement une période déterminée. Les professeurs des 1er et 2e cycles du secondaire estiment que le temps disponible ne permet que d'enseigner le contenu des sciences. Leur objectif le plus évident est la préparation des élèves à la formation scientifique ultérieure.

L'étude a mis en évidence un certain nombre de problèmes, tels les suivants :

- la plupart des enseignants du niveau primaire sont mal préparés à l'enseignement des sciences; 75 pour cent d'entre eux n'ont pas suivi de cours de sciences depuis leurs études secondaires;
- pour la majorité des enseignants, les possibilités de perfectionnement sont, soit inexistantes, soit de valeur minime;
- la plupart des élèves féminines abandonnent les cours de sciences dès que cela leur est possible;
- les élèves qui se passionnent pour les sciences, et ceux qui réussissent particulièrement bien, se plaignent du manque d'intérêt des cours de sciences;
- la plupart des épreuves et des examens ne servent qu'à mesurer l'information scientifique acquise par l'élève; ils ne permettent pas d'évaluer la réalisation des autres objectifs qui n'ont donc guère d'importance pour les jeunes.

**Les possibilités de renouveau**

C'est sur les points forts existants qu'on peut et qu'il faut fonder le renouveau de l'enseignement des sciences. Au cours de l'étude qu'il a fait réaliser, le Conseil des sciences a noté de nombreux exemples innovateurs et réussis d'enseignement des sciences, d'élaboration de programmes et de formation des maîtres (pour ne considérer que ces trois aspects de l'enseignement des sciences) dans chaque province et territoire de notre pays.

En se fondant sur les conclusions de l'étude, le Conseil a mis en évidence huit actions prioritaires pour le renouveau de l'enseignement des sciences. On peut répartir ces actions prioritaires sous trois rubriques :

- une formation scientifique appropriée pour tous;
- une réorientation de l'enseignement des sciences;
- une évaluation constante de l'efficacité de la formation scientifique.

*Une formation scientifique appropriée pour tous*

Pour assurer que *tous* les jeunes Canadiens obtiennent une éducation scientifique appropriée et de haute qualité, le Conseil des sciences propose trois actions prioritaires :

1. Garantir l'enseignement des sciences dans chaque école primaire. Il faut enseigner les sciences à tous les écoliers du Canada. Il s'agit là d'une politique déjà adoptée, mais qu'il faut maintenant appliquer.

La plupart des enfants, de la maternelle à la fin du cours primaire, ne reçoivent qu'une introduction toute symbolique aux sciences. Comme

cette matière n'est pas enseignée par des spécialistes et que les professeurs ne disposent pas de locaux adéquats et d'une période dans l'emploi du temps des écoliers, elle se trouve reléguée à l'arrière-plan.

Parmi les mesures indispensables, il faut : donner une formation scientifique aux instituteurs et institutrices qui en sont démunis; aider ceux qui enseignent déjà un peu les sciences; fournir l'appareillage et les locaux indispensables; et élaborer le matériel didactique approprié.

2. Accroître le nombre de jeunes filles recevant une formation en sciences.
   Les responsables de cet enseignement devraient prendre les mesures nécessaires pour intéresser les jeunes filles à une formation scientifique ou technologique, et pour multiplier leurs possibilités de l'acquérir.

L'ambiance familiale a beaucoup d'influence sur l'attitude des filles à l'égard des sciences. Cependant, il faudrait que le système scolaire aide, lui aussi, les élèves féminines à acquérir une attitude plus positive en cette matière : le programme d'enseignement des sciences au primaire devrait tenir compte de leur expérience préscolaire, ou de son absence. Il faudrait que les instituteurs évitent les méthodes d'enseignement renforçant les préjugés au sujet du rôle des sexes. L'étude des interactions entre sciences, technologie et société peut mettre en évidence les aspects humains des sciences; il faut que les moyens didactiques, et en particulier les manuels de sciences, décrivent aussi les œuvres des femmes de sciences et des femmes inventeurs; les conseillers en orientation professionnelle pourraient expliquer aux élèves féminines la nécessité de préparer une carrière et leur montrer quelles sont leurs perspectives dans les domaines scientifiques et techniques.

3. Offrir des cours invitants aux élèves les plus aptes et aux « mordus » des sciences.
   On devrait mettre sur pied des programmes d'enseignement encourageant les élèves qui ont du talent ou qui s'intéressent vivement aux sciences et à la technologie, et les engageant à approfondir leurs connaissances.

Certains élèves ont besoin que leur intérêt soit fortement stimulé pour développer toutes leurs potentialités. Les enfants surdoués constituant l'une des ressources humaines les plus importantes de la société, celle-ci ne doit pas les négliger. D'autres élèves éprouvent un vif intérêt pour les sciences, et il faut que le programme d'enseignement les encourage à approfondir leurs connaissances. Les responsables de cet enseignement pourraient mettre sur pied des programmes intensifs à leur intention et même, là où ce serait avantageux, créer des écoles mettant l'accent sur l'enseignement des sciences et de la technologie dans le cadre d'un programme de formation générale.

*Réorientation de l'enseignement des sciences*

Voici les initiatives que le Conseil des sciences recommande, en vue de réorienter l'enseignement des sciences :

4. Représenter les sciences de façon plus fidèle.
   L'image des sciences et de la technologie présentée aux élèves devrait inclure leurs aspects historiques, sociaux et philosophiques.

L'enseignement de l'histoire des sciences et de la technologie, particulièrement comme elle s'est déroulée au Canada, montrerait aux élèves comment les conditions sociales et politiques valorisent ou défavorisent les activités scientifiques et l'utilisation judicieuse des résultats de la recherche. Cette présentation plus authentique des sciences aiderait les jeunes se destinant à des carrières scientifiques à envisager de façon réaliste leurs activités futures, et les citoyens de demain à être plus pragmatiques dans leurs attentes à l'égard des sciences et de la technologie, et à fonder leurs choix politiques et sociaux sur une connaissance précise de celles-ci.

Finalement, l'étude de l'histoire des sciences fournit l'occasion de méditer sur le savoir scientifique et permet d'inculquer des valeurs morales comme le respect du savoir, la modestie, la persévérance, l'esprit de collaboration, le jugement critique et la recherche de l'excellence.

5. Mettre l'accent sur les interactions entre sciences, technologie et société.
   Il faudrait enseigner les sciences à tous les niveaux scolaires, en mettant l'accent sur les interactions entre sciences, technologie et société, afin d'accroître la culture scientifique de tous les Canadiens.

Le Conseil des sciences est assurément d'avis que les futurs citoyens doivent bien comprendre les sciences et la technologie et connaître leurs incidences sur la société. Cet objectif devrait avoir la priorité à tous les niveaux scolaires.

Il faut que, grâce à leurs expériences dans le monde qui les entoure, les jeunes enfants se familiarisent avec les sciences. Au 1er cycle du secondaire, les élèves commencent à mieux comprendre que les activités scientifiques nécessitent des choix, qui doivent être faits en fonction des préférences personnelles et de l'échelle sociale des valeurs. Au 2e cycle, les élèves s'intéressent aux aspects scientifiques et technologiques des questions d'intérêt public, et aux choix politiques qu'il faut faire à leur sujet.

6. Insérer l'enseignement des sciences dans un contexte canadien.
   L'enseignement des sciences dans les écoles primaires et secondaires devrait rendre compte de la réalité canadienne. Il faudrait que chacun de leurs élèves connaisse les grandes lignes de l'histoire des sciences et de la technologie au pays, et appréhende l'importance des activités scientifiques et techniques canadiennes à l'échelle locale, régionale et nationale.

Les jeunes Canadiens n'apprennent pratiquement rien des réalisations et de l'impact des sciences dans leur propre pays. Le Conseil est d'avis que les sciences enseignées aux élèves devraient s'inscrire dans le contexte canadien et qu'on devrait présenter leurs aspects historiques et sociaux. Il faudrait que ces jeunes apprennent comment les sciences et la technologie ont contribué à la formation de leur pays, et connaissent les grands traits de leur patrimoine scientifique.

7. Initier les élèves à la technologie.
   L'enseignement de la technologie devrait occuper une place de plus en plus grande dans la formation générale des élèves au niveau secondaire.

Il faudrait que cet enseignement soit mieux adapté aux réalités du monde du travail, non pas sous forme de formation professionnelle ou de formation destinée aux élèves faibles, mais plutôt sous celle de défi intellectuel à tous les élèves. Ceux-ci devraient être sensibilisés à l'utilisation du savoir en vue de satisfaire les besoins de l'Homme, et apprendre les fondements de la technologie.

*L'évaluation constante de l'efficacité de la fonction scientifique*

Il faut que le public soit convaincu de l'efficacité du système scolaire, afin qu'il soutienne celui-ci. C'est pourquoi le Conseil des sciences propose finalement une huitième action prioritaire :

8. Assurer la qualité de l'enseignement des sciences.
   Il faut élaborer et mettre en œuvre des techniques d'évaluation pour *tous* les objectifs de l'enseignement des sciences, tant pour informer l'élève de ses progrès que pour surveiller, dans les diverses provinces, l'efficacité de cet enseignement.

Lorsque la réalisation de certains objectifs n'est pas mesurée, ils ne sont valorisés, ni par les élèves, ni par les enseignants, ni par le public : c'est là un fait bien connu. La plupart des examens et des épreuves des cours de sciences continuent à porter sur le volume de connaissances scientifiques assimilées par l'élève. Il en résulte que les

professeurs et les élèves considèrent les autres objectifs comme accessoires, et ne s'en occupent que s'ils en ont le temps. Mais, comme le sait chaque professeur, on n'a pas souvent le temps.

Les épreuves doivent être conçues en vue de mesurer la réalisation des divers objectifs, même s'il est difficile de le faire pour certains. D'un intérêt particulier sont les moyens d'évaluation des progrès réalisés par les élèves sur les plans de la créativité, de l'habileté à résoudre les problèmes et de la compréhension des interactions entre sciences, technologie et société.

**Les stratégies pour la mise en œuvre des actions prioritaires**

Les recommandations ci-dessus constituent l'essentiel des conclusions de l'étude menée à l'initiative du Conseil; mais si les intéressés s'accordent souvent, en principe, sur la nature des changements à apporter aux méthodes d'enseignement (lesquels sont souvent mentionnés dans la politique officielle), ils sont bien difficiles à concrétiser en pratique. Il ne suffit pas de s'accorder sur *ce* qu'il faut faire, car il est nécessaire d'élaborer des stratégies de *mise en œuvre* des changements, grâce à la concertation des efforts de nombreuses personnes et des groupes intéressés. En conséquence, le Conseil des sciences propose 47 initiatives précises pour faciliter le renouveau de l'enseignement des sciences, classées sous sept rubriques différentes.

*L'initiative pédagogique des autorités scolaires locales*

En fin de compte, ce sont les ministères qui ont la responsabilité de l'enseignement des sciences, et le processus de renouveau doit obtenir leur accord et leur encouragement. Voici quelques-unes des 13 recommandations qui leur sont adressées. Ils devraient :

- accroître jusqu'à 15 pour cent (45 minutes par jour) la proportion de l'emploi du temps des écoliers consacrée aux cours de sciences;
- mettre au point des cours de technologie pour les élèves du secondaire;
- mettre sur pied une banque interprovinciale d'items normalisés; et
- exiger que tous les élèves suivent des cours de sciences jusqu'en onzième année.

*L'initiative pédagogique des commissions scolaires et des enseignants*

Les commissions scolaires sont chargées de mettre en œuvre les programmes d'enseignement élaborés par leur ministère de l'Éducation, et de faire fonctionner le système scolaire. Le Conseil leur fait cinq recommandations, dont la suivante. Elles devraient :

- ouvrir, là où le nombre d'élèves le justifie, des écoles secondaires de sciences et de technologie.

*Les ressources humaines*

Le nombre d'enseignants chargés des cours de sciences et la qualité de leur enseignement sont d'importance cruciale. Parmi les 12 recommandations concernant les enseignants et leur formation, citons celles qui portent sur :

- la création de brevets d'enseignement spécialisés;
- la mise sur pied de programmes de perfectionnement des maîtres en fonction des besoins de l'école;
- la meilleure planification de la formation des futurs enseignants dans les universités;
- l'établissement de cours d'été pour le perfectionnement des maîtres du primaire.

*Les ressources pédagogiques*

Il faut que les enseignants aient les moyens matériels pour accomplir leur tâche. Le Conseil des sciences fait cinq recommandations à ce sujet, dont les suivantes. Il faudrait :

- créer une Fondation canadienne de l'enseignement des sciences et de la technologie, afin qu'elle contribue à l'élaboration du matériel didactique nouveau; et
- créer un Centre de recherche et de développement en enseignement assisté par ordinateur.

*Les ressources externes*

De nombreux organismes et associations à l'extérieur du système scolaire peuvent soutenir les efforts des enseignants chargés des cours de sciences. Le Conseil fait cinq recommandations à ce propos, dont les suivantes. Il faudrait :

- que l'Administration fédérale patronne la mise sur pied d'un programme national d'information pour sensibiliser la population à la nécessité d'intéresser les jeunes filles à une formation scientifique et technologique; et
- que la Société royale du Canada offre régulièrement des prix d'excellence en enseignement des sciences.

*Les ressources de la recherche*

Plusieurs recommandations du Conseil devraient faire l'objet de recherches plus poussées. Le Rapport contient trois recommandations à ce sujet, y compris la suivante. Il faudrait :

- mettre sur pied un réseau interprovincial de chercheurs qui étudieraient de nouvelles méthodes d'enseignement, particulièrement au sujet des interactions entre sciences, technologie et société.

Ces stratégies visent surtout à faciliter le renouveau de l'enseignement des sciences en classe. C'est sur l'école que ce renouveau doit s'étayer, et il doit être associé au perfectionnement des enseignants chargés de l'enseignement des sciences, et recevoir l'appui du public et des organismes extérieurs s'intéressant à cet enseignement.

Les 47 recommandations contenues dans le Rapport du Conseil sont concrètes et pragmatiques, et on peut les mettre en œuvre sans délai, afin de donner aux jeunes Canadiens la formation scientifique qui les préparera au monde de demain. Les responsables de l'enseignement ne peuvent agir seuls : c'est seulement dans une atmosphère de collaboration et avec le soutien des intéressés qu'il sera possible de renouveler l'enseignement des sciences.

Nous résumons ci-après le Rapport n° 36 que le Conseil des sciences a publié sous le titre : *À l'école des sciences—La jeunesse canadienne face à son avenir*, à la suite d'une étude de quatre années portant sur l'enseignement des sciences dans les écoles primaires et secondaires.

Cette étude, réalisée avec le concours du Conseil des ministres de l'Éducation (Canada) et du corps professoral enseignant les sciences, s'est déroulée en trois phases. La première, qui visait à mettre en évidence les questions qui se posent, s'est fondée sur une analyse critique, par des observateurs avertis, du mode actuel d'enseignement des sciences. Les questions cernées ont fourni le thème des efforts de recherche et de délibération qui ont suivi.

La seconde phase, celle des recherches, a compris quatre principaux volets : une analyse des politiques de didactique des sciences suivies dans chaque province et territoire; une analyse de 33 manuels de sciences d'utilisation générale; une enquête réalisée auprès de plus de 4 000 enseignants chargés des cours de sciences; et huit études de cas d'enseignement des sciences dans des écoles de chaque région du Canada. Les résultats de cet effort de recherche constituent une base de données sur l'enseignement des sciences au Canada. Ces données figurent dans l'Étude de documentation n° 52, sous le titre : *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes*.

Au cours de la troisième phase de l'étude (une étape cruciale pour celle-ci), plus de 300 personnes intéressées : responsables des ministères de l'Éducation, autorités scolaires, enseignants, professeurs d'université, chefs d'entreprise, syndicalistes, parents et élèves, ont participé à onze conférences délibératives convoquées pour débattre les orientations futures de l'enseignement des sciences dans chaque province ou territoire respectif. La substance de ces débats et les propositions envisagées pour renouveler l'enseignement des sciences ont fourni au Conseil des sciences le fondement solide qui lui a permis d'élaborer le Rapport n° 36.

Rapport 36

# À l'école des sciences

## La jeunesse canadienne face à son avenir

Avril 1984

**Conseil des sciences du Canada**
**100, rue Metcalfe**
**17e étage**
**Ottawa, Ont.**
**K1P 5M1**

© Ministre d'Approvisionnements et Services Canada, 1984

En vente au Canada par l'entremise de nos
agents libraires agréés
et autres librairies,
ou par commande postale au

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Hull, Qué., K1A 0S9, Canada

Copies of *Science for Every Student – Educating Canadians for Tomorrow's World* are also available at the above address

N° de catalogue SS22-1984/36F
ISBN 0-660-91243-0

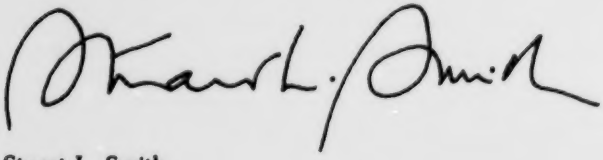
Prix – Canada : 5,25 $
Autres pays : 6,30 $
Prix sujet à changement sans avis préalable.

Avril 1984

L'honorable Donald J. Johnston, C.P., M.P.,
Ministre d'État chargé des Sciences et de la Technologie,
Chambre des Communes,
Ottawa, Ont.

Monsieur le Ministre,
Conformément aux dispositions de l'article 13 de la Loi sur le Conseil des sciences du Canada, j'ai l'honneur de vous transmettre le Rapport n° 36 du Conseil des sciences : *À l'école des sciences – La jeunesse canadienne face à son avenir.*

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Ministre, l'assurance de ma très haute considération.



Stuart L. Smith,
Président,
Conseil des sciences du Canada.

le Dr Stuart L. Smith
Président
Conseil des sciences du Canada

Monsieur le Président,

Au nom du Comité de l'enseignement des sciences, j'ai le plaisir de vous transmettre le présent Rapport. Pendant presque quatre années, le Comité s'est efforcé d'atteindre les objectifs de l'étude sur l'enseignement des sciences, qui avaient été décrits comme suit par le Conseil, lors de sa 75e réunion de mai 1980 :

- réunir une documentation de base pour décrire les caractéristiques générales de l'enseignement des sciences au Canada;
- faire une analyse historique de cet enseignement au pays;
- encourager un débat animé sur l'orientation à donner à l'enseignement des sciences au Canada.

Dès le début des travaux du Comité, celui-ci a demandé et obtenu la collaboration du Conseil des ministres de l'Éducation (Canada) et du corps professoral enseignant les sciences, dont l'aide était indispensable à la réalisation de l'étude.

Nous sommes reconnaissants aux personnes et aux organismes qui ont ainsi participé de tout cœur à nos travaux.

Mais l'analyse de l'enseignement des sciences aux niveaux primaire et secondaire présentait des difficultés, à cause de la composition du pays, de sa division politique en dix provinces et deux territoires, et du bilinguisme qui le caractérise. Pour relever le défi, le Comité suivit une stratégie d'« investigation dialoguée », élaborée par M. Graham Orpwood, l'un des chargés de l'étude. Cette stratégie était conçue pour produire trois résultats tout au long de cette dernière :

- une adhésion constante aux principes de délibération et de changement, de la part de toutes les personnes s'intéressant à l'enseignement des sciences;
- une base de données fiables au sujet de cet enseignement, tel qu'il se déroule, et qui constitue le cadre où doivent s'inscrire les changements envisagés;
- une série de questions à étudier et d'actions éventuelles à entreprendre, et qui constitueraient le thème des délibérations.

Ces trois éléments ont constitué les lignes de force des deux premières phases de l'étude : sensibilisation aux questions qui se posent (phase I) et recherche (phase II). Ces deux activités, qui se sont chevauchées, ont donné lieu aux publications suivantes :

- cinq numéros d'un bulletin spécial;
- six exposés à débattre;
- deux comptes rendus d'atelier (dont l'un a porté sur la formation scientifique des jeunes filles et qui a aussi débouché sur une Déclaration);
- et une Étude de documentation en trois volumes, comprenant : une analyse des politiques des diverses provinces et territoires en matière de programme d'enseignement des sciences; une analyse de 33 manuels de sciences, accomplie par un groupe de 18 analystes ayant reçu une

formation spéciale; une enquête auprès des professeurs de sciences, à laquelle 4 000 d'entre eux ont répondu (soit un taux de réponse de 61 %); et une série de huit études de cas d'enseignement des sciences, réalisées par neuf chercheurs dans huit écoles de toutes les régions du pays.

Le programme de recherches étayant l'étude a nécessité un effort considérable, et il a constitué une investigation originale, et des plus complètes, sur l'enseignement au Canada. J'estime que le Conseil peut être fier, avec raison, de cette réalisation en soi, qui a déjà suscité des recherches plus approfondies.

Toute cette activité n'était toutefois qu'une préparation à la phase III de l'étude : un processus capital de délibération. Pour le faciliter, on publia les données recueillies au cours de la phase de recherches sous forme de Rapport préliminaire en trois volumes, qui fut envoyé à plus de 300 personnes ayant fait connaître leur désir de participer au processus de délibération sur les options éventuelles de l'enseignement des sciences dans leurs provinces ou territoires respectifs. L'intérêt de ces personnes à l'égard de cet enseignement découlait tant de la nature du poste qu'elles occupaient que de leur point de vue particulier : fonctionnaires du ministère de l'Éducation, autorités scolaires, enseignants, professeurs d'université, scientifiques, ingénieurs, chefs d'entreprise, syndicalistes, parents et élèves étaient largement représentés aux onze conférences délibératives* qui se sont déroulées au printemps de 1983. Le Rapport préliminaire qui les avait documentées a donc constitué la base à partir de laquelle elles ont pu émettre des avis et faire des recommandations.

Je ne puis trop mettre en évidence l'attention que le Comité a accordé à ces avis et à ces recommandations. Les conclusions des conférences délibératives ont donné au Comité un aperçu des mesures que les personnes s'intéressant à l'enseignement des sciences estimaient indispensables, et de la façon de les mettre en œuvre. De façon très concrète, les conférences délibératives ont donc constitué le point culminant des trois années d'efforts du Comité. Dès qu'elles ont été achevées, nous avons eu le sentiment d'être extraordinairement bien informés à propos de l'enseignement des sciences au Canada, et prêts à élaborer le présent Rapport.

En vous transmettant celui-ci, je voudrais mettre en lumière les efforts de mes collègues du Comité, qui ont œuvré de concert, sans idées préconçues, à cette entreprise collective, et qui en soutiennent unanimement le contenu.

Depuis sa création, et jusqu'en février 1982, le Comité de l'enseignement des sciences avait été présidé par le Dr H. Rocke Robertson, dont la direction éclairée a facilité les premières étapes de l'étude. Le Comité lui doit donc beaucoup.

---

* Nous donnons le sens de « par un processus de délibération » à cet adjectif, pour les besoins de l'Étude.

Au nom du Comité, je remercie chaleureusement les chargés de l'étude, MM. Graham Orpwood et Jean-Pascal Souque, et leurs attachées de recherche, M[mes] Isme Alam et Janet Ferguson. Le travail d'équipe ainsi accompli et le soutien apporté aux initiatives du Comité ont permis de mener à bien cette contribution, selon nous remarquable, à notre pays et à sa jeunesse.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma considération très distinguée.

Lawson Drake

E. Lawson Drake
Président,
Comité de l'enseignement des sciences,
et Professeur au Département de biologie,
Université de l'Île-du-Prince-Édouard,
Charlottetown, Î.-P.-É.

# Table des matières


| | |
|---|---|
| **La formation scientifique pour le monde de demain** | 11 |
| Pourquoi étudier les sciences? | 12 |
| L'enseignement des sciences actuel | 12 |
| Les recommandations pour un renouveau | 13 |
| **Pourquoi étudier les sciences?** | 15 |
| La formation scientifique du citoyen éclairé | 15 |
| La formation scientifique nécessaire à la poursuite des études | 16 |
| La formation scientifique au monde du travail | 17 |
| La formation scientifique et l'épanouissement personnel | 19 |
| La culture scientifique | 20 |
| **Le contexte de l'enseignement des sciences** | 23 |
| Le contexte humain | 24 |
| Le contexte matériel | 25 |
| Le contexte collectif | 28 |
| **Les orientations actuelles de l'enseignement des sciences** | 29 |
| Les sciences pour tous? | 29 |
| La recherche et le programme d'études scientifiques | 30 |
| Les directives des ministères | 32 |
| Les enseignants : leurs priorités et leur efficacité | 33 |
| Les manuels | 34 |
| Les élèves et la salle de classe | 35 |

**Conclusions et recommandations** 37

Garantir l'enseignement des sciences dans chaque école primaire 37

Accroître le nombre de jeunes filles recevant une formation en sciences 39

Offrir des cours invitants aux élèves les plus aptes et aux « mordus » des sciences 41

Représenter les sciences de façon plus fidèle 42

Mettre l'accent sur les interactions entre sciences, technologie et société 43

Insérer l'enseignement des sciences dans un contexte canadien 45

Initier les élèves à la technologie 47

Assurer la qualité de l'enseignement des sciences 49

Conclusion 50

**Les stratégies pour la mise en œuvre des actions prioritaires** 51

L'initiative pédagogique 52

Les ressources humaines 58

Les ressources pédagogiques 64

Les ressources externes 67

Les ressources de la recherche 70

Conclusion 72

Annexe : Estimation du coût de la mise en œuvre des recommandations 73

Notes et bibliographie 75

Membres du Comité de l'enseignement des sciences 79

Membres du Conseil des sciences du Canada 81

Publications du Conseil des sciences du Canada 85

# 1er chapitre

# La formation scientifique pour le monde de demain

Le citoyen de demain tout comme le décideur de l'avenir sont encore à l'école, mais reçoivent-ils la formation qui sera nécessaire à l'horizon 1990 et au delà? Dans un monde plus complexe, en évolution de plus en plus rapide, il faut que les élèves des écoles canadiennes reçoivent une formation scientifique meilleure et plus large, qui les préparera aux défis de l'avenir.

Il est impératif de renouveler l'enseignement des sciences; c'est sur cette conclusion qu'a débouché l'étude de quatre années réalisée à l'initiative du Conseil des sciences, et étayée par un effort de recherches et les débats des conférences délibératives. L'étude, qui a permis de rassembler la base de données la plus complète jamais réunie au sujet de l'éducation au Canada, a progressé sur deux fronts : une investigation de la place passée et actuelle de l'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes, et l'élaboration de recommandations pour sa réorientation.

Les chercheurs ont également examiné les directives des ministères des diverses provinces et territoires[1] en matière de programme d'éducation scientifique, analysé trente manuels couramment utilisés pour l'enseignement des sciences, effectué un relevé des opinions des enseignants et mené à bien huit études de cas de cet enseignement dans des écoles de diverses régions du pays. Les résultats de ces recherches sont publiés sous forme d'une Étude de documentation en trois volumes : *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes*.

Les participants aux onze conférences délibératives : fonctionnaires des ministères de l'Éducation[2], autorités scolaires, enseignants, parents, élèves et représentants des universités, des entreprises industrielles et des syndicats ont reçu un rapport intérimaire sur les recherches effectuées. Tous les intéressés ont exprimé leur acceptation des changements nécessaires et leur volonté de collaborer à la recherche des moyens d'améliorer le système canadien d'éducation scientifique. Le Conseil des sciences est convaincu que les besoins mis en relief et les orientations prises en considération lors des conférences représentent un consensus que les éducateurs endossent très largement.

Le présent Rapport résume les conclusions de tous ces travaux, et particulièrement les résolutions des conférences délibératives. Il se répartit comme suit :

- Pourquoi étudier les sciences? (chapitre 2)
- L'enseignement des sciences actuel (chapitres 3 et 4)
- Les recommandations pour un renouveau (chapitres 5 et 6)

**Pourquoi étudier les sciences? (chapitre 2)**

Le Conseil estime qu'il est de l'intérêt de notre pays que tous les jeunes Canadiens reçoivent un enseignement de qualité en sciences et en technologie. Il est nécessaire que tous les citoyens du Canada aient la meilleure formation *générale* possible et, pour que notre société s'adapte aux mutations sociales engendrées par la spécialisation extrême de la technologie, il faut que cette éducation embrasse, non seulement les matières de base traditionnelles des langues et des mathématiques, mais aussi les assises *nouvelles* de la culture contemporaine : les sciences et la technologie.

En conséquence, le Conseil soutient le concept d'une « éducation scientifique pour tous »*. Il ne s'agit pas de négliger les différences individuelles entre élèves : il faut en saisir la nature, les respecter et en tenir compte. L'« éducation scientifique pour tous », cela veut dire un enseignement des sciences de qualité pour chaque garçon ou fille autochtone, francophone ou anglophone étudiant au niveau primaire ou secondaire dans toutes les régions et provinces du Canada; cet enseignement doit leur être fourni quelles que soient leurs aptitudes, et qu'ils s'intéressent ou non aux sciences et à une carrière scientifique.

Non seulement faut-il donner un enseignement scientifique à tous les jeunes, mais il faut aussi que le contenu et les objectifs du programme d'éducation scientifique convienne à leurs besoins. Le Conseil estime que l'objectif d'une culture scientifique pour tous peut être atteint grâce à un programme bien équilibré d'enseignement des sciences visant quatre larges objectifs :

- encourager la participation totale de l'individu à la société technologique;
- permettre la poursuite d'études scientifiques ou techniques;
- faciliter l'adaptation au monde du travail; et
- promouvoir l'épanouissement intellectuel et moral de l'individu.

Il est important d'arriver à un consensus au sujet de ces objectifs, et ceci pour deux raisons : en premier lieu, ils offrent des repères pour analyser les programmes actuels d'enseignement des sciences; en second lieu, ils tracent le cadre permettant d'élaborer les recommandations concernant les changements à effectuer.

**L'enseignement des sciences actuel (chapitres 3 et 4)**

La conclusion première de l'étude menée par le Conseil au sujet de l'enseignement des sciences, c'est qu'il existe un large fossé entre ses *objectifs* et ses *réalisations*. En voici quelques exemples :

---

* L'*American Association for the Advancement of Science* et la *National Teachers' Association* des États-Unis ont récemment adopté la résolution suivante : « Chaque enfant devrait étudier les sciences chaque jour de sa scolarité ». Il s'agit là, bien entendu, d'une déclaration de principe plutôt que d'une recommandation aux autorités pédagogiques.

- les écoles primaires du pays offrent rarement de bons cours de sciences, quand elles en donnent;
- les élèves qui sont des « mordus » des sciences et ceux qui obtiennent des notes élevées se plaignent souvent de l'absence de stimulation intellectuelle dans leur école;
- on renseigne très peu les élèves sur les interactions cruciales entre les sciences, la technologie et la société;
- nombreuses sont les filles qui ne prennent toujours pas en considération une carrière scientifique ou technologique, et qui se désintéressent des sciences; le Canada et la moitié de ses habitants sont donc perdants;
- les enseignants se plaignent du manque de programmes de perfectionnement des maîtres ou de leur inefficacité; et
- il existe très peu de postes vacants pour les jeunes professeurs désireux d'entrer dans le corps enseignant, et les moins jeunes ne sont pas encouragés à innover ou à exceller dans leur travail.

De plus, les recherches ont montré qu'on enseigne les sciences aux élèves dans le but principal de mieux les préparer à des études universitaires dans le même domaine. Les techniques pédagogiques et les manuels ne montrent guère d'indices qu'ils aient été conçus pour atteindre aussi les trois autres objectifs importants.

**Les recommandations pour un renouveau (chapitres 5 et 6)**

Le Conseil recommande huit actions prioritaires à la lumière de son analyse de l'état actuel de l'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes, en vue de le renouveler sans attendre. Voici une liste de ces actions :

*Une éducation scientifique pour tous*

Il faudrait :

1. garantir l'enseignement des sciences dans chaque école primaire;
2. accroître le nombre de jeunes filles recevant une formation en sciences; et
3. offrir des cours invitants aux élèves les plus aptes et aux « mordus » des sciences.

*La réorientation de l'enseignement des sciences*

Il faudrait :

4. représenter les sciences de façon plus fidèle;
5. mettre l'accent sur les interactions entre sciences, technologie et société;
6. donner à l'enseignement des sciences un contexte canadien; et
7. initier les élèves à la technologie.

*Le suivi de l'enseignement des sciences*

Il faudrait :

8. assurer la qualité de l'enseignement des sciences.

Outre ces recommandations générales, le Conseil fait 47 recommandations particulières concernant la mise en œuvre des actions prioritaires correspondantes. Ces dernières recommandations s'adressent aux ministères de l'Éducation, aux commissions et conseils scolaires, aux directeurs

d'école, aux dirigeants d'université, aux enseignants (et à leurs syndicats), aux éditeurs de manuels, aux cadres de l'industrie, à l'Administration fédérale et aux autres organismes nationaux.

Ces recommandations sont concrètes et réalistes; elles peuvent être appliquées sans délai, car il faut agir *dès maintenant* : tout retard dans le renouveau de l'enseignement des sciences compromettrait la capacité des Canadiens à s'adapter aux nécessités d'un monde en évolution très rapide. Et il faut que ceux-ci agissent *de concert* car, sans le soutien et la collaboration de tous : particuliers, organismes et administrations, le renouveau de l'enseignement des sciences ne serait pas possible. Et ce renouveau est le défi qu'il faut relever dès maintenant.

# Chapitre 2

# Pourquoi étudier les sciences?

Les recherches effectuées dans le cadre de l'étude et les débats qui se sont déroulés à son propos ont mis en relief le consensus qui s'est formé au sujet des objectifs de la formation scientifique. À notre avis, l'enseignement des sciences devrait permettre à tous les élèves :

- de devenir des citoyens à part entière de la société technologique qui se dessine, capables de contribuer pleinement au choix des options sociales et politiques;
- d'acquérir, s'ils le désirent, la formation grâce à laquelle ils pourront poursuivre des études spécialisées dans certains domaines scientifiques ou technologiques;
- d'être bien préparés à entrer dans le monde du travail de demain, et
- de s'épanouir sur les plans intellectuel et moral afin de devenir des adultes agissant de façon autonome et rationnelle.

### La formation scientifique du citoyen éclairé

Dans l'ère technologique qui s'ouvre, cette formation devrait constituer l'objectif primordial de l'enseignement des sciences. En effet, si les membres de la collectivité ne connaissent pas bien les interactions entre les sciences, la technologie et la société, ils remettent à une élite technocratique le pouvoir de façonner le monde qui les entoure. Le Conseil souscrit au point de vue exprimé par l'UNESCO en 1972, dans son Rapport intitulé *Apprendre à être* :

> Les connaissances techniques revêtent une importance vitale dans le monde moderne, et elles doivent faire partie de l'instruction de base de chacun. L'ignorance des méthodes techniques place de plus en plus l'individu à la merci d'autrui dans la vie quotidienne, réduit ses possibilités d'emploi et accroît le danger que les effets nuisibles possibles d'une application inconsidérée de la technologie — aliénation des individus, pollution, etc. — ne finissent par prendre le dessus. La plupart des gens profitent passivement de la technologie ou s'y résignent, sans comprendre; ils ne peuvent par conséquent exercer aucune action sur elle.[1]

Ce thème a fait l'objet d'un consensus international, il y a déjà douze années; pourtant, bien peu de choses ont changé, du moins en Amérique du Nord.

Mais ce n'est pas faute de conseils éclairés. M. Glen Aikenhead, dans un des documents à débattre rédigés pour les fins de l'étude, demandait que « tout programme d'enseignement des sciences dans une perspective sociale soit envisagé comme un phénomène culturel, s'inscrivant dans un contexte social »[2]. Dans un autre document, M. James Page faisait écho aux conclusions du Rapport Symons, *Se connaître*, selon lequel « les écoliers canadiens n'apprennent à peu près rien sur les réalisations et les

incidences des sciences dans leur pays »[3]. Dans un troisième exposé, M. Donald George soulignait que « l'indifférence et l'ignorance générales au sujet de la nature de la technologie et de ses répercussions sociales empêchent tout débat public éclairé »[4]. Les participants aux conférences délibératives qui se sont déroulées dans chaque province ont abondé, en général, dans le même sens. Ils ont, presque unanimement, exigé que l'enseignement des sciences informe mieux les élèves au sujet des questions scientifiques et techniques, et de leurs incidences sur la société canadienne actuelle*.

**La formation scientifique nécessaire à la poursuite des études**

La formation scientifique donnée aux élèves des écoles primaires et secondaires leur permettra éventuellement de poursuivre des études supérieures en sciences et dans d'autres matières. De tout temps, cette préparation des élèves à l'entrée au collège et à l'université a été l'une des fonctions premières de ces écoles; maintenant, les autorités scolaires commencent à élargir cette notion d'études postsecondaires afin de lui faire englober un recyclage permanent, tout au cours de l'existence, et se demandent par conséquent quelle devrait être la formation appropriée des jeunes.

Jusqu'à récemment, de nombreuses personnes estimaient que la formation en sciences (habituellement en physique, chimie et biologie) au cours du second cycle du niveau secondaire n'était indispensable que pour ceux qui comptaient poursuivre l'étude de ces sujets au niveau universitaire. Les élèves que leurs aptitudes ou leurs intérêts n'attiraient pas dans cette direction préféraient donc d'autres matières, abandonnant les sciences aux « spécialistes ». Cette tendance a été renforcée par l'introduction, au cours des années 60 et 70, de cours insistant sur les concepts et les méthodes des sciences, présentant des notions théoriques relativement complexes et visant manifestement à accroître le nombre de scientifiques et d'ingénieurs qualifiés. Bien entendu, au cours des années 80, la collectivité aura encore besoin de former convenablement des élèves capables d'entreprendre des études scientifiques de niveau universitaire, mais les responsables pédagogiques ne sont nullement convaincus que le genre de cours dispensés à l'école secondaire depuis les années 60 (et conçus en grande partie aux États-Unis, puis utilisés tels quels dans les écoles canadiennes ou adaptés à leur usage) constituent une préparation idéale. Ces cours négligent le contexte social (en particulier celui du Canada)[6, 7] et donnent exagérément d'importance aux notions théoriques complexes[8]. Par exemple, on décrit parfois aux élèves les orbitales moléculaires, mais on ne leur dit rien des techniques de chimie courante comme le développement des images

* Les autorités scolaires de nombreux pays axent leurs programmes d'enseignement des sciences sur les interactions entre sciences, technologie et société (STS)[5]. Les progrès réalisés sont déjà très importants en Europe, et cette orientation commence à se manifester dans les pays du Tiers Monde, comme l'ont montré de récentes conférences internationales sur l'enseignement des sciences, auxquelles des Canadiens ont participé avec éclat. Cet intérêt général est stimulant et encourageant.

photographiques et la cuisson des aliments. Le désir de donner une formation de base de qualité aux futurs scientifiques n'oblige pas à gaver les élèves d'abstractions qu'ils ont peine à comprendre ou à relier à leur expérience personnelle.

Il faut considérer l'enseignement, y compris celui des sciences, comme l'une des facettes, mais bien intense et particulière, d'un processus d'apprentissage qui dure toute la vie. L'enseignement des sciences tout au long des années du secondaire devrait constituer une préparation et un encouragement à ceux qui désirent se mettre au courant des progrès des sciences tout au cours de leur vie.

De plus, il faudrait que l'enseignement des sciences à l'école soit articulé avec d'autres disciplines. Un enseignement des sciences conçu presque exclusivement pour de futurs scientifiques entraînerait une spécialisation trop hâtive des élèves, et tendrait à compartimenter les matières enseignées. Le Conseil des sciences a entendu des témoignages éloquents en faveur d'une meilleure coordination entre l'enseignement des sciences et celui des mathématiques[9], entre les cours de sciences expérimentales et sociales[10], entre les sciences et le génie[11], et entre les sciences physiques et les sciences humaines[12]. Il estime que tous les élèves, quels que soient leurs projets d'avenir, bénéficieraient largement d'une telle articulation de l'enseignement des diverses disciplines.

Il faudrait, enfin, que les élèves apprennent à évaluer les fondements de leurs connaissances scientifiques, et prennent conscience de la nature hypothétique des concepts de réalité et d'entendement humain. Ces concepts ne peuvent être remis en question au sein de la collectivité scientifique. Quelques auteurs des documents à débattre estiment qu'une aptitude des élèves à envisager les sciences de façon critique permettrait d'élargir les cours de sciences du secondaire, et de les articuler avec les autres matières enseignées. Glen S. Aikenhead, par exemple, considère que « les sciences [sont] un mode de connaissance »[13]; A. Hugh Munby parle du « statut *épistémologique* de la connaissance scientifique »[14]; Robert Nadeau et Jacques Désautels décrivent « un concept valide de la science »[15]. Le Conseil croit que ce genre de concepts pourrait constituer le fondement d'un large programme de formation scientifique préparant les élèves à l'éducation permanente, et les aidant à analyser de façon critique leurs propres connaissances.

### La formation scientifique au monde du travail

Les écoles ont toujours joué un certain rôle de formation pré-professionnelle ou aux métiers. En pratique, cependant, les cours explicitement professionnels étaient conçus pour les élèves peu brillants, ou les attiraient en surnombre; les autres étaient dirigés vers les cours de formation générale menant à des études postsecondaires, qu'on considérait comme la meilleure préparation à l'entrée dans le marché du travail. La formation des jeunes au monde du travail est importante tant pour l'individu que pour

la collectivité : l'économie canadienne a besoin de travailleurs de formation convenable, désireux de trouver un emploi valorisant et financièrement intéressant. Le Conseil estime qu'il faut reconsidérer en profondeur les interactions entre enseignement secondaire, (surtout dans le domaine des sciences et de la technologie) et monde du travail pour que ces besoins soient satisfaits. Il faudrait fonder cette remise en question sur le fait que la technologie fournira de nombreux emplois à la plupart des jeunes qui fréquentent l'école aujourd'hui. Les élèves doivent apprendre comment la technologie façonne le milieu professionnel, comment elle influera sur la nature du travail, et quelles possibilités de carrière elle ouvre.

C'est dans leur propre intérêt que les élèves doivent acquérir cette formation. De plus, la société l'exige, car c'est parmi ces jeunes gens qu'elle recrutera les entrepreneurs et les innovateurs industriels de demain. Le Conseil a souvent souligné l'importance de l'innovation technique pour le développement de l'industrie et le rôle crucial de l'innovateur individuel*.

L'enseignement dispensé dans les écoles canadiennes peut-il ou non stimuler la capacité d'innovation des individus, ou y contribuer? C'est là l'un des thèmes du présent Rapport. À ce sujet, Marcel Risi, ancien Directeur commercial du Centre de recherches industrielles du Québec (CRIQ), a présenté une analyse critique des buts et des méthodes de l'éducation contemporaine. Il a écrit :

> La formation des jeunes présente un défi de taille au système d'enseignement. Il leur faudra s'adapter à un monde du travail en évolution très rapide où, trop souvent, ce qu'ils ont appris n'est plus utile ou utilisé.[19]

Jusqu'ici, les écoles ont relevé ce défi en enseignant des notions encore plus abstraites, les « grandes théories » des sciences, plutôt que leurs aspects descriptifs et concrets. Selon Marcel Risi, l'erreur capitale est d'obliger les élèves à acquérir des connaissances *pour le seul plaisir de le faire*, sans leur en indiquer les raisons. Il propose que les élèves envisagent des problèmes concrets et qu'on les aide à découvrir et à utiliser l'information qui permettra d'élaborer des solutions innovatrices.Grâce à cette méthode, selon M. Risi :

> L'enseignement sera systémique, sur le modèle de l'entreprise. En effet, dans l'entreprise, il ne suffit pas de réunir les disciplines pour trouver la "recette"; il faut plutôt apprendre à recueillir, à articuler et à hiérarchiser les informations qui parviennent sans cesse du monde où l'Homme vit; bref, il faut apprendre à faire la synthèse des informations à leur lieu de rencontre.[20]

Il est évident que la formation qu'il envisage ne peut être fournie par des cours mettant l'accent sur les sciences fondamentales, et axés sur la

---

* Par exemple, Guy Steed souligne « que les individus ayant l'esprit d'entreprise jouent un rôle primordial dans la réussite d'une innovation technologique »[16]. Cette réussite « suppose vraisemblablement un mélange varié de jugement, d'audace et de chance »[17] et elle consiste en un processus d'association d'idées « qui se produit d'abord dans l'esprit de personnes imaginatives »[18] et donne naissance à une idée nouvelle. C'est grâce à la créativité des individus que les entreprises industrielles et la collectivité prospèrent.

découverte et l'acquisition des connaissances abstraites; il faut que cet enseignement inclue un volet technologique, lequel portera sur l'utilisation des connaissances acquises pour satisfaire des besoins donnés, telle la conception d'un objet utile ou d'un procédé de fabrication. La technologie des matériaux et l'électronique, par exemple, aident les élèves à concevoir, à construire et à essayer des produits d'intérêt collectif. Dans certains pays où l'on a tenté ce genre d'expérience, les partisans d'un enseignement des sciences traditionnel fondé sur des cours de physique, de chimie et de biologie s'y sont fortement opposés. Mais peut-on limiter le choix des élèves de 11e et 12e années à de tels cours, comme c'est actuellement le cas presque partout au Canada? Cet éventail étroit peut-il répondre aux besoins plus diversifiés des élèves, des employeurs et de l'économie canadienne?

Cette nouvelle approche de l'enseignement des sciences déplace l'accent de l'acquisition des connaissances vers leur utilisation. Dans la société informatisée qui se dessine, c'est la capacité d'utiliser judicieusement les connaissances disponibles qui départagera les travailleurs qualifiés des non-qualifiés, et non plus les connaissances acquises. De plus en plus, celles-ci sont stockées dans des banques de données informatisées, et mises à la portée de tous. Seuls ceux qui, dans notre société, seront capables d'accéder à ces éléments d'information et de les synthétiser auront en mains les clés de la réussite. Déjà, près de 40 pour cent de la population active du Canada œuvre aujourd'hui dans les secteurs reliés à l'information, et ce pourcentage augmente encore[21]. La formation au monde du travail devra donc développer les capacités personnelles d'utilisation de l'information dont le citoyen de demain aura besoin.

### La formation scientifique et l'épanouissement personnel

La plupart des matières au programme visent des objectifs éducatifs qui dépassent l'apprentissage immédiat de la matière elle-même, et l'enseignement des sciences ne fait pas exception. Les responsables pédagogiques accordent une importance particulière au développement intellectuel et à l'épanouissement moral des élèves, c'est-à-dire à l'apprentissage de la pensée critique et du raisonnement rationnel, etc. Cette conception des objectifs fondamentaux de l'éducation libérale remonte à l'hellénisme, et les participants aux conférences délibératives organisées par le Conseil ont constamment réitéré leur importance pour la société contemporaine.

L'épanouissement intellectuel se divise en deux volets : tout d'abord l'acquisition du savoir accumulé par les penseurs et les chercheurs dans le cadre de notre culture, et ensuite le développement des habiletés intellectuelles. Ces volets sont inséparables, et on a analysé les habiletés nécessaires aux scientifiques qui accomplissent des recherches. C'est pourquoi de nombreux professeurs de sciences se préoccupent d'aider les élèves à acquérir ces « habiletés », c'est-à-dire la puissance d'observation, les capacités de classification et de formulation d'hypothèses, etc. Bien que cette acquisition soit précieuse, il faut faire deux mises en garde. En premier lieu, certains enseignants oublient parfois que les scientifiques utilisent ces

habiletés pour résoudre des problèmes réels au sujet desquels ils possèdent une information considérable, et non pas pour fonctionner à vide. L'observation scientifique, par exemple, dérive autant de ce que l'investigateur a dans le cerveau que de ce qu'il voit[22]. En second lieu, les sciences ne sont pas les seules disciplines qui utilisent le raisonnement rationnel et l'analyse critique, et l'enseignement des sciences n'est pas, par conséquent, le seul moyen de développer ces capacités[23]. Quoique les sciences doivent assumer un rôle dans la formation générale des élèves, il doit être joué de concert avec l'enseignement des arts et des sciences humaines.

Les sciences font cependant un apport exclusif à l'épanouissement intellectuel des élèves. Elles se fondent sur le raisonnement rationnel comme d'autres disciplines, mais elles possèdent un contenu et assument une fonction qui leur méritent une place importante dans notre culture. Il suffit de remarquer comment les scientifiques étudient l'environnement matériel et précisent leurs idées sur le fonctionnement des objets. Et lorsqu'ils apprennent à composer avec le monde qui les entoure, les enfants élaborent leurs propres explications des phénomènes observés; ces explications leur permettent, de façon plus ou moins adéquate, de comprendre leur environnement et de s'y intégrer. Cette activité ressemble à la démarche du scientifique, du moins dans son objectif; il importe donc que les élèves apprennent qu'ils peuvent comprendre l'environnement et agir sur lui grâce à leurs propres observations et à leurs propres déductions, mais que cette démarche a des limites. Ils doivent aussi savoir que les sciences constituent un mécanisme d'explication et de maîtrise qui, bien qu'il ait aussi ses limites, possède un pouvoir explicatif particulier et, par conséquent, a été accepté par la communauté scientifique et l'ensemble de la collectivité.

Ainsi, l'enseignement des sciences porte-t-il tant sur les processus que sur les connaissances, et contribue-t-il ainsi à l'épanouissement intellectuel des élèves. Il n'est donc pas surprenant que des psychologues renommés, spécialistes du développement des facultés cognitives comme Jean Piaget et David Ausubel, considèrent l'enseignement des sciences comme un facteur capital de ce développement. Mais pour que cet enseignement atteigne cet objectif, il faut que la formation scientifique tienne compte, dès le début, des habiletés et des connaissances des élèves. Ce principe pédagogique est d'une importance cruciale pour le programme d'études scientifiques et sa mise en œuvre.

### La culture scientifique

La formation scientifique doit servir de fondement à la participation avertie du citoyen au développement d'une société technologique, comme élément du processus d'apprentissage permanent, en tant que préparation à l'entrée dans le marché du travail et comme instrument d'épanouissement personnel des élèves.

De plus, le Conseil estime que l'élaboration des programmes d'enseignement des sciences devrait se fonder sur un équilibre entre ces quatre objectifs. Il croit donc en un concept de culture scientifique aux aspects

diversifiés. Comme la décrivait Douglas Roberts dans son Exposé à débattre, c'est cela que cette expression signifie, la plupart du temps, lorsqu'on y fait allusion dans les ouvrages qui traitent de l'enseignement des sciences[24]. Pour que tous les élèves bénéficient d'une formation scientifique, il faut que les programmes de sciences offerts dans les écoles traduisent le concept de culture scientifique dans toute son ampleur. Il ne sert à rien, par exemple, de justifier l'enseignement des sciences à l'école en soulignant que les élèves doivent comprendre les incidences sociales des progrès techniques, si les cours de sciences ne répondent pas à ce besoin. Il faut donc établir, à chaque niveau d'éducation, un équilibre approprié entre les quatre objectifs de l'enseignement des sciences.

Il est indispensable que cet enseignement soit de qualité à tous les niveaux, et pour tous. Il faut que les élèves les plus aptes à relever les défis reçoivent les encouragements nécessaires pour poursuivre leurs études scientifiques avec succès, et aussi que tous les Canadiens acquièrent une culture scientifique. Le Conseil des sciences estime que ces deux nécessités ne sont pas incompatibles.

# Chapitre 3

# Le contexte de l'enseignement des sciences

L'enseignement des sciences, comme toute autre activité structurée, s'insère dans une série de contextes, dont chacun détermine tant ce qui se fait que ce qu'il est possible de faire.

Trois d'entre eux sont particulièrement importants pour le succès de cet enseignement :

- sa dimension humaine (c'est-à-dire le climat social et intellectuel de l'école et, plus précisément, les interactions entre élèves, enseignants et direction de l'établissement);
- sa dimension matérielle (c'est-à-dire les installations et l'équipement utilisés pour l'enseignement des sciences, y compris les manuels scolaires); et
- sa dimension collective (c'est-à-dire le soutien et la confiance du public dans l'enseignement des sciences).

Par exemple, dans les écoles où parents et administrateurs scolaires privilégient la tranquillité des élèves et leur surveillance rigoureuse en tout temps, on suit les méthodes traditionnelles d'enseignement des sciences plutôt que des méthodes fondées sur l'investigation scientifique. Comme ces deux méthodes ne sont pas simplement des moyens différents pour arriver aux mêmes résultats, elles produisent aussi des résultats différents; ainsi, tel contexte permettra la réalisation de certains objectifs, mais non pas d'autres. De même, dans les écoles où les manuels et les enseignants ne mentionnent jamais les incidences des sciences et de la technologie sur la société canadienne, il est peu probable que les élèves soient informés de cette question. Quand les examens ne servent qu'à mesurer l'acquisition des connaissances scientifiques par les élèves, l'enseignement mettra probablement l'accent sur celles-ci. C'est pourquoi les aptitudes des élèves et la compétence des professeurs, si elles sont nécessaires, ne sont pas suffisantes pour assurer que les objectifs de l'enseignement des sciences soient atteints. Le contexte de celui-ci est d'importance primordiale pour son succès.

Si l'on désire apporter des améliorations dans l'enseignement des sciences, il faut que tous ces facteurs contextuels viennent renforcer les changements désirés plutôt que s'y opposer. C'est pourquoi la phase de recherche de l'étude menée par le Conseil des sciences a largement porté sur une meilleure appréhension de ces facteurs. Dans le présent chapitre, nous résumerons certaines des données de base recueillies au cours de l'étude au sujet des contextes humain, matériel et collectif de l'enseignement des sciences au Canada.

## Le contexte humain

La clé de tout enseignement efficace, tant en sciences que dans les autres matières, c'est la relation qui s'établit entre l'enseignant et l'élève. Les enseignants dynamiques, compétents et intéressés par les matières qu'ils enseignent, et conscients des besoins des élèves, obtiendront des miracles, même si les conditions d'enseignement ne sont pas idéales. Inversement, les professeurs qui maîtrisent mal leur sujet, ou qui sont démoralisés par leurs conditions de travail, peuvent avoir une influence négative sur l'attitude des élèves à l'égard des sciences.

Pour que les jeunes Canadiens acquièrent une bonne culture scientifique, il faut que les professeurs de sciences, à tous les niveaux de l'enseignement, soient bien préparés à les enseigner avec ardeur. Il faut donc que les enseignants eux-mêmes aient été formés dans le cadre de cette culture scientifique, qu'ils reçoivent le soutien et la formation pédagogique nécessaires et que la direction de l'école exerce une influence positive sur leur attitude envers leur profession. C'est pourquoi le Conseil des sciences a fait recueillir des données au sujet de leur formation professionnelle, de leur perfectionnement et de leur moral.

Au Canada, même si la plupart des maîtres chargés d'enseigner les sciences ont des diplômes universitaires et aiment enseigner, ils n'ont pas nécessairement reçu une formation adéquate pour l'enseignement des sciences. Plus des deux tiers des instituteurs et institutrices qui enseignent les sciences au niveau primaire (de la 1ère à la 6e année) sont détenteurs d'un diplôme universitaire; cette proportion est encore plus forte chez les jeunes enseignants[1]. Toutefois, plus de la moitié de ces maîtres n'ont fait aucune étude universitaire en mathématiques et près des trois quarts, en sciences. Au 1er cycle du secondaire (de la 7e à la 9e année), la situation s'améliore; elle n'est toutefois pas entièrement satisfaisante lorsqu'il s'agit de donner un enseignement des sciences de qualité. À ce niveau, le tiers des maîtres chargés d'enseigner les sciences n'ont pas fait de mathématiques ou de sciences depuis leur cours secondaire. Les professeurs de sciences du 2e cycle du secondaire possèdent des compétences plus solides, car 95 pour cent d'entre eux ont fait des études en sciences au niveau universitaire, mais cette formation remonte souvent à bien des années, au-delà de 10 ans pour plus du tiers des enseignants. Les différences de contenu des programmes universitaires, d'un océan à l'autre, et l'absence de données concernant les enseignants de certaines provinces rendent très difficile l'analyse détaillée de la formation scientifique du corps enseignant.

Le Conseil des sciences a également fait analyser le perfectionnement des enseignants, car de nombreux professeurs de sciences enseignent depuis longtemps : au moins 10 ans pour plus de la moitié d'entre eux. Cette expérience acquise, si elle est avantageuse pour les élèves, cause aussi certains problèmes, car ces enseignants n'ont peut-être plus la capacité ou la volonté de changer des méthodes d'enseignement traditionnelles; de là l'importance du perfectionnement. Actuellement, la plupart des enseignants ne sont cependant pas du tout satisfaits de la qualité des programmes de perfectionnement qui leur sont offerts. Lors de l'enquête, au moins deux professeurs

sur trois ont déclaré que ces programmes étaient inexistants ou inefficaces, et cette opinion a été corroborée lors de chacune de nos conférences délibératives. (Mais il faut souligner que le perfectionnement n'est qu'un des aspects du problème de la gestion d'un corps professoral vieillissant, que les autorités scolaires doivent résoudre.)

Les chargés de l'étude ont aussi évalué le moral des enseignants et trouvé que bien peu de professeurs de sciences du niveau secondaire préféreraient *ne pas* enseigner les sciences : un seul sur dix au 1er cycle et deux sur dix au 2e cycle. Toutefois, l'avenir est parfois plutôt sombre pour ceux qui désirent poursuivre leur carrière dans l'enseignement. Plusieurs ont confié aux chargés de l'étude, au cours des conférences délibératives, qu'ils étaient très démoralisés, et ont cité, entre autres facteurs : le relâchement de la discipline et des normes scolaires, et la pratique de la supplantation (*bumping*). Cette clause (qu'on retrouve dans la plupart des conventions collectives des syndicats d'enseignants) entraîne le licenciement des jeunes enseignants lorsque la clientèle scolaire diminue, au profit des professeurs qui ont plus d'ancienneté, quels que soient les qualifications professionnelles, l'enthousiasme ou la qualité du travail des premiers. La citation suivante, tirée d'une étude de cas faite à l'École Lavoisier, illustre ce problème :

> Et chaque professeur est totalement impuissant face à un tel phénomène : il en est victime sans aucun recours. Seuls les plus anciens (plus de 17 ans d'ancienneté actuellement) sont épargnés. Mais ils n'en subissent pas moins, de même que les élèves d'ailleurs, les conséquences très lourdes sur l'atmosphère de l'école : crainte, suspicion, affrontement, découragement... qui marquent d'ailleurs profondément la vie de l'école, non seulement entre avril et la fin de l'année scolaire, mais qui se répercutent également sur toute l'année scolaire. Ce phénomène, pourtant décrié par toutes les instances, constitue, de l'avis de tous, « la pire des calamités » à laquelle doivent faire face les professeurs, et leur plus grand motif de désengagement, de démobilisation. Et ils n'y peuvent rien faire, ni les professeurs, ni la direction; il s'agit d'une machine implacable. S'ils ne sont pas tous touchés directement, ils sont néanmoins tous éclaboussés. L'un d'eux me disait à ce propos : « En mai, essaie de parler de pédagogie, pour voir... tout le monde ne parle que de "bumping", et ça se comprend. »[2]

Le Conseil estime que l'affectation et le licenciement des professeurs en fonction du seul critère d'ancienneté ne tiennent aucun compte du mérite d'un enseignement excellent, et bloquent l'apport d'idées novatrices par des enseignants plus jeunes. Il faut changer d'urgence cette situation.

D'autres spécialistes, outre les professeurs, ont une influence marquante sur l'enseignement : ce sont les responsables de l'élaboration des programmes d'enseignement des sciences dans les ministères et ceux qui sont chargés de leur mise en œuvre, au niveau des conseils et commissions scolaires. Ces personnes sont souvent d'anciens professeurs de sciences, et occupent ce poste responsable de conseiller pour lesquels, bien

souvent, ils n'ont reçu aucune formation, et où ils ne se sentent pas soutenus. En raison de l'envergure de leurs responsabilités, ces conseillers peuvent jouer un rôle crucial pour le succès de l'enseignement des sciences dans chaque province. Et cependant les enseignants, les fonctionnaires des ministères et les responsables des commissions scolaires ne semblent pas les apprécier à leur juste valeur.

**Le contexte matériel**

Les chargés de l'étude ont pris en considération les locaux et l'appareillage appropriés à l'enseignement des sciences, et les manuels et le matériel informatique utilisés. Ce sont les moyens dont les élèves doivent disposer pour réaliser leurs propres expériences. L'un des principaux bienfaits de la réforme amorcée il y a déjà 20 ans a été la prise de conscience de la nécessité d'un cadre matériel approprié. De nos jours, cette nécessité n'a pas changé, sauf qu'il a fallu modifier la définition de ce qui est « approprié » en fonction des objectifs toujours changeants des programmes d'enseignement des sciences. Pour que les élèves soient sensibilisés à la culture technologique moderne, il leur faut, par exemple, pouvoir utiliser des ordinateurs à tous les niveaux d'enseignement. De plus, pour qu'ils comprennent bien l'incidence des sciences et de la technologie sur la société, il leur faut les voir à l'œuvre à l'extérieur du milieu scolaire et aussi observer en classe, par des techniques magnétoscopiques, des faits inaccessibles autrement. Comme le disait un participant lors d'une conférence délibérative : « On constate l'omniprésence des sciences et de la technologie dans la vie quotidienne des élèves et de leur famille ». L'enceinte de l'école ne doit pas, en refoulant à l'extérieur les activités scientifiques et techniques, ne laisser filtrer qu'un pâle reflet de leurs conséquences.

L'enquête réalisée révèle que les écoles de niveau secondaire sont, en général, assez bien équipées pour l'enseignement des sciences sauf celles de très petite taille, situées dans les régions isolées; mais la situation est tout autre dans les écoles primaires. Au 2e cycle du secondaire, trois professeurs sur quatre disposent d'un laboratoire et de l'appareillage approprié; ils estiment, en outre, que ces installations sont de « bonne » ou d'« excellente » qualité. Au niveau primaire, par contre, moins d'un instituteur sur cinq peut accéder, ne serait-ce qu'occasionnellement, à une salle conçue pour l'enseignement des sciences. Ces lacunes leur imposent des contraintes considérables dans leur mission.

Les manuels scolaires constituent également un élément du contexte matériel de l'enseignement des sciences. En dépit des prédictions, les manuels de sciences jouent encore un rôle capital dans les écoles canadiennes : 90 pour cent des élèves les utilisent et 80 pour cent des enseignants préparent leur cours grâce à eux. Dans l'ensemble, les professeurs semblent satisfaits des manuels disponibles, mais ils font remarquer que ces textes ne présentent guère d'attraits pour les élèves les moins doués.

Ce sont les commissions scolaires qui achètent les manuels, d'après une liste de publications approuvées par leur ministère de l'Éducation. Seuls

le Québec et l'Ontario (et, dans une moindre mesure, la Colombie-Britannique) ont une clientèle scolaire suffisante pour engendrer quelque concurrence entre les maisons d'édition et justifier, d'un point de vue économique, la rédaction de manuels respectant les objectifs et le contenu du programme d'enseignement des sciences de la province concernée. De fait, presque toutes les maisons d'édition de manuels scolaires sont situées à Toronto et à Montréal. Une des conséquences de l'étroitesse des débouchés offerts par la clientèle scolaire des provinces plus petites est que, même si l'on a élaboré des programmes innovateurs, il est souvent impossible de trouver des manuels de sciences appropriés. Le même problème se pose aux maisons d'édition de langue française qui désirent satisfaire les besoins de la population francophone dans la plupart des provinces. Par conséquent, les maisons d'édition publient les manuels qui ont le plus de chance d'être acceptés partout, même si cela oblige les autorités scolaires locales à faire des modifications et si ces éditeurs doivent négocier avec le ministère de l'Éducation en vue d'obtenir un monopole d'approvisionnement. Cependant, la large uniformisation du contenu scientifique des programmes des diverses provinces facilite les choses mais, inversement, limite fortement la possibilité théorique d'élaborer un programme d'études tout à fait original dans une province (surtout parmi les plus petites), car les maisons d'édition ne peuvent pas élaborer des matériaux didactiques pour une clientèle peu nombreuse.

L'utilisation de manuels de sciences conçus aux États-Unis dans les écoles canadiennes est une conséquence de ce fait. Bien que le savoir scientifique ne connaisse pas de frontières, il n'en est pas de même pour l'activité scientifique ou pour l'enseignement des sciences. Dans les écoles primaires canadiennes, on retrouve presque partout, en cette matière, la série étatsunienne très en vogue *Space, Time, Energy, Matter (STEM)* ou sa version française *Les chemins de la science*. Le 1er cycle du secondaire, partout au Canada, utilise en nombre assez considérable des manuels canadiens depuis que le ministère ontarien de l'Éducation a publié, en 1978, de nouvelles directives pour les études scientifiques à ce niveau; voilà qui montre l'influence d'une grande province sur la clientèle scolaire de tout le pays. Pour les dernières années du niveau secondaire et, en particulier, à l'extérieur de l'Ontario, on utilise fréquemment des manuels étatsuniens. À ce niveau, l'existence de plusieurs programmes d'enseignement des sciences vient morceler le marché; la clientèle scolaire est aussi moins nombreuse, les cours étant optionnels.

Il est difficile d'évaluer dans quelle mesure les technologies informatisées, et en particulier l'ordinateur, influencent l'enseignement des sciences. La situation change si rapidement qu'à peine rédigés, les rapports sur cette question sont déjà périmés. Cependant, en dépit de l'existence de matériels appropriés et de leur diffusion de plus en plus rapide dans les écoles, les didacticiels ne sont pas toujours disponibles, en particulier ceux qui épousent les objectifs des programmes d'études scientifiques. À notre avis, la rareté de ces didacticiels obligera les administrateurs scolaires à acquérir du logiciel importé, dont les objectifs ne correspondront pas toujours à ceux des autorités provinciales.

## Le contexte collectif

Le troisième contexte d'importance pour l'enseignement des sciences est celui de la collectivité. Les commissions scolaires et les ministères de l'Éducation agissent dans le cadre d'un régime démocratique où les attentes et les exigences du public ont beaucoup d'influence. Parmi les facteurs particuliers du contexte collectif de l'enseignement des sciences, mentionnons : l'attitude du public à l'égard des sciences et de la technologie et de leur importance, la qualité des écoles et l'efficacité de l'enseignement, de même que l'incidence de celui-ci sur la prospérité et l'harmonie de la société.

Au cours des conférences délibératives, certains de leurs participants ont évoqué la méfiance d'une bonne part de la population à l'égard des activités scientifiques et technologiques. Cette attitude trouve partiellement son origine dans l'ignorance générale au sujet du rôle actuel et futur des sciences et de la technologie au Canada. Un des moyens permettant de rectifier cette attitude chez l'individu est une meilleure formation scientifique.

Les parents que nous avons rencontrés lors des conférences délibératives percevaient fort bien les avantages d'un enseignement des sciences de qualité pour leurs enfants, favorisaient l'amélioration globale du processus d'enseignement, en particulier en matières scientifiques, mais soulignaient qu'il faudrait suivre de près son fonctionnement. Ils voulaient s'assurer que les deniers publics réservés à l'enseignement étaient utilisés de façon judicieuse.

De leur côté, les élèves envisagent leurs études avec sérieux, même si parfois ils s'inquiètent du rôle que la société leur réserve. Les industriels, soucieux de la qualité de la formation de leurs effectifs, sont prêts à épauler un renouveau de l'enseignement des sciences. Face aux problèmes de salubrité et de sécurité de l'ambiance de travail et de progrès technologique dans l'industrie, les cadres des syndicats s'intéressent largement à l'amélioration de la formation scientifique que reçoivent leurs membres, tant actuels que futurs. Les responsables des programmes d'enseignement des collèges communautaires, des cégeps et des universités, de leur côté, ont toujours une conception élevée de la qualité de l'enseignement des sciences. Finalement, les hommes publics, par le biais des politiques scientifiques et industrielles élaborées au cours des dernières années, reconnaissent qu'il leur faut contribuer à la sensibilisation des Canadiens aux questions scientifiques et technologiques, et prennent des mesures en ce sens. Il semble que tout soit réuni pour assurer un large appui du public à l'enseignement des sciences.

# Chapitre 4

# Les orientations actuelles de l'enseignement des sciences

**Les sciences pour tous?**

Au chapitre 2, nous avons souligné l'importance d'un enseignement des sciences accessible à tous, et adapté aux besoins de tous. Même s'il ne se pose pas officiellement d'obstacle à cet enseignement dans les écoles primaires et secondaires du Canada, nous croyons que certains groupes d'élèves ne reçoivent pas un enseignement de haute qualité.

Les jeunes enfants sont naturellement curieux du monde qui les entoure; il est donc facile de leur enseigner les sciences. De plus, s'ils les apprennent très tôt, ils en perçoivent mieux l'importance. La qualité de cet enseignement au niveau primaire est donc tout à fait cruciale. Malheureusement, c'est à ce niveau qu'apparaissent les plus grandes lacunes. Les données recueillies lors de chacune des conférences délibératives provinciales conduisent toujours à la même conclusion : dans les écoles primaires canadiennes, on enseigne très peu les sciences et, bien souvent, on ne les enseigne pas du tout.

Les données recueillies lors de l'enquête donnent quelque idée des difficultés rencontrées sur ce plan. Seulement trois enseignants du primaire sur cinq veulent continuer à enseigner les sciences. Presque les trois quarts des instituteurs et institutrices n'ont pas reçu de formation scientifique à l'université, et plus de la moitié n'y ont pas fait de mathématiques. Une seule classe seulement sur cinq, au niveau primaire, possède les installations et l'appareillage nécessaires à l'enseignement des sciences. Ainsi, au niveau primaire du moins, de nombreux écoliers canadiens ne reçoivent pas une formation scientifique suffisante. Le Conseil déplore vivement cet état de choses.

Le peu d'accent donné aux sciences au niveau primaire complique aussi un autre problème : la tendance des filles à se dispenser de cours de sciences, surtout de sciences physiques, dès qu'elles en ont la possibilité. Peut-être croient-elles que les sciences ne sont pas faites pour elles, parce que les institutrices, qui forment la presque totalité du personnel enseignant, n'accordent pas la priorité à ces disciplines. La proportion des jeunes filles inscrites aux cours de sciences de niveau secondaire est clairement inférieure à celle des garçons. En conséquence, peu de femmes de sciences œuvrent dans l'enseignement, dans l'industrie ou dans le secteur public du Canada. À cause de leur situation très minoritaire dans les professions scientifiques, elles ne participent que rarement à la prise des décisions concernant l'orientation ou le rythme de l'évolution technologique. Dans un monde largement façonné par les sciences et la technologie, notre pays ne peut plus négliger la trop faible proportion des filles dans les classes de sciences du niveau secondaire[1].

Certains persistent à invoquer des facteurs génétiques pour expliquer la différence d'orientation intellectuelle entre garçons et filles, laquelle empêche les filles d'exceller dans les sciences. Bien que cette théorie ne soit pas étayée par des preuves convaincantes, elle a reçu tant de publicité qu'elle peut avoir influencé les parents et les enseignants. Cependant, le Conseil des sciences estime que cette théorie n'explique nullement le grand écart entre la proportion des garçons et celle des filles.

Selon lui, il est probable que les attitudes de la société en sont responsables. Les valeurs culturelles et morales transmises par les parents à leurs filles, dès leur tendre enfance, semblent les détourner des sciences et de la technologie. Des habitudes enracinées, comme de donner des jeux de construction aux garçonnets et des poupées aux fillettes, viennent renforcer cette attitude; le système scolaire prend ensuite la relève. Au cours des années, les parents, les enseignants, les conseillers en orientation, les concepteurs de programmes d'études et les décideurs détournent, sans s'en rendre compte, les jeunes filles des études en sciences et en technologie et, par conséquent, des carrières en ces domaines.

L'étude a mis en évidence la difficulté de fournir une formation scientifique de qualité aux élèves francophones de nombreuses régions du pays. Vouloir enseigner réellement les sciences en français à l'extérieur du Québec, c'est donner dans l'héroïsme. Les minorités francophones des autres provinces font face à d'énormes difficultés lorsqu'il s'agit d'obtenir le matériel didactique scientifique qui est nécessaire en français et de recruter des professeurs francophones. (De plus, la popularité des programmes d'immersion accroît la demande de classes en français au niveau primaire et donc d'instituteurs formés aux sciences, et la pénurie affecte ainsi une fraction toujours croissante de la clientèle scolaire). Le Conseil déplore cette absence de ressources qui empêche les élèves de la minorité francophone de bénéficier d'un enseignement des sciences de qualité tout au long de leur scolarité.

Finalement, lors de chaque conférence délibérative, l'attention du Conseil a été attirée sur le manque d'intérêt des cours de sciences actuels pour les élèves qui réussissent supérieurement. Ceux qui ont participé à ces réunions ont réitéré cette observation, laquelle a suscité de vifs débats dans certaines provinces. Le Conseil considère que l'enseignement des sciences doit répondre efficacement aux besoins de chaque élève, quels que soient ses capacités ou ses intérêts, et doit retenir les plus enthousiastes comme les moins intéressés; mais cet idéal n'est pas encore atteint.

### La recherche et le programme d'études scientifiques

Des données recueillies à divers niveaux aboutissent à une même diversité de conclusions : voilà une des raisons qui rendent difficile la description des orientations et des objectifs des programmes d'enseignement des sciences. À un niveau, les données sont le programme, les guides de cours ou les directives du programme d'études prescrites par les ministères de l'Éducation : ces caractéristiques précisent le programme *envisagé*. Au

deuxième niveau, il s'agit de la *planification* du programme que les commissions scolaires, les écoles et les professeurs incorporent dans les programmes locaux et les plans de cours. Au troisième niveau, les données tirées de l'observation de la classe décrivent le programme d'études effectivement *enseigné*, celui que suivent réellement les élèves. Et, au quatrième niveau, celui-ci débouche sur le programme d'études *assimilé*, celui que les élèves sont capables de réussir, aux plans intellectuel et pratique. Dans le meilleur des mondes, bien entendu, les quatre niveaux donneraient une information identique. Toutefois, la dure réalité est tout autre, ce que corrobore notre étude. Nos chercheurs ont recueilli des données aux divers niveaux et les ont colligées pour donner une vue synoptique de l'état de l'enseignement des sciences au Canada.

Au début des travaux de recherche, le Conseil des ministres de l'Éducation avait accepté de collaborer avec le Conseil des sciences, à condition que l'évaluation des élèves ne soit pas entreprise dans le cadre de l'étude, car elle relève strictement des autorités provinciales. C'est pourquoi le Conseil des sciences ne peut décrire le programme d'études *assimilé*. Toutefois, quatre programmes de recherches, réalisés à notre initiative, ont permis de rassembler de nombreuses données sur les trois autres niveaux[2]. Nous avons fait analyser les directives régissant le programme d'études scientifiques de chaque ministère de l'Éducation, à tous les niveaux scolaires, afin de préciser les objectifs *envisagés*. Un sondage a été effectué auprès d'environ 7 000 professeurs de sciences, partout au Canada, afin de connaître leurs priorités lorsqu'ils préparent leurs cours, et les préfaces de nombreux manuels de sciences a été analysée afin de déterminer les intentions de leurs auteurs. Ces travaux ont fourni l'information concernant le programme d'études *planifié*. Finalement, nos chercheurs ont fait l'analyse détaillée du contenu de plus de 30 des manuels les plus utilisés et exécuté une série de huit études de cas d'enseignement des sciences dans les écoles des diverses régions du pays; ces recherches ont fourni des données importantes sur l'orientation du programme, tel qu'il est *enseigné*. Bien qu'on ne puisse assurer que les élèves apprennent effectivement ce qu'on leur enseigne, on peut certainement croire qu'ils n'apprendront pas ce qu'on ne leur enseigne pas.

Après avoir réuni ces données, l'équipe de recherches les a validées en deux étapes. Elle présenta tout d'abord aux ministères de l'Éducation des rapports préliminaires afin de connaître leur point de vue, ce qui lui permit de corriger les inexactitudes factuelles et certaines erreurs d'interprétation. Ensuite, elle distribua ces rapports aux participants invités (plus de 300 en tout) dans chaque province et territoire. Il s'agissait de professeurs de sciences et de représentants de chaque système scolaire provincial, ainsi que de représentants de la collectivité scientifique, tant universitaire qu'industrielle, du monde des affaires et des syndicats, et finalement de parents et d'élèves ayant terminé leur cours secondaire depuis peu. Ces participants communiquèrent leurs observations au sujet de l'orientation actuelle de l'enseignement des sciences dans leur propre province au cours

des conférences délibératives. C'est en s'appuyant sur les résultats du programme de recherches et sur les points de vue exprimés lors de ces conférences que le Conseil a tiré ses conclusions au sujet des progrès accomplis dans la réalisation des objectifs de l'enseignement des sciences décrits au chapitre 2.

### Les directives des ministères

Tous ces objectifs de l'enseignement des sciences mentionnés au chapitre 2 se retrouvent dans les énoncés de politique des ministères de l'Éducation. Dans la plupart des cas, les guides de programme contiennent de longues listes d'objectifs (jusqu'à 15 dans certains cas), mais sans presque indiquer de priorités relatives. L'analyse des directives montre que les responsables de toutes les provinces considèrent l'apprentissage du contenu des sciences et de la méthode scientifique comme indispensable. Les « habiletés » concernant cette dernière, c'est-à-dire la capacité d'observer, de formuler des hypothèses et ainsi de suite constituent souvent des objectifs d'apprentissage apparentés, de l'école primaire jusqu'à la fin du cours secondaire. On recommande rarement une hiérarchie d'habiletés en fonction du niveau scolaire, de l'âge de l'élève ou de son niveau de développement[3]. Pourtant, l'élève qui entreprend d'étudier la physique en 11e année devrait avoir acquis antérieurement au moins les rudiments de la méthode scientifique. L'analyse des directives des ministères montre qu'elles contiennent des objectifs d'épanouissement personnel, mais restent muettes au sujet de la façon dont les enseignants pourraient évaluer l'acquisition du jugement critique, de l'imagination créatrice ou du civisme par leurs élèves, pour ne prendre que quelques exemples. En règle générale, cette observation vaut pour tous les objectifs inscrits dans les guides de programme.

Nous avons également remarqué que les divers ministères de l'Éducation recommandent presque tous d'enseigner, à l'école secondaire, les interactions entre sciences, technologie et société. Ce thème, dont l'étude est amorcée dès l'école primaire et développée au niveau secondaire, a aussi recueilli l'approbation des participants aux conférences délibératives.

Parmi les objectifs de l'enseignement des sciences (voir le chapitre 2), nous avons mentionné la sensibilisation des élèves à l'importance des sciences et de la technologie dans le monde du travail; dès maintenant, les autorités scolaires provinciales accordent un intérêt croissant aux sciences appliquées, au génie et à l'informatique. La crise économique et la vogue de mots d'ordre comme « Prendre le virage technologique » ont peut-être quelque rapport avec cet intérêt. Quelle qu'en soit la raison, celui-ci est concrétisé sous forme d'objectifs pour les années à venir. Pourtant, lorsqu'on considère le retard pris par le développement des ressources nécessaires pour réaliser les objectifs actuels du programme d'études, on peut se demander s'il serait possible d'en ajouter d'autres, visant à renouveler l'enseignement des sciences. Même actuellement, les divers ministères de l'Éducation ne proposent guère d'objectifs concernant la préparation

à une carrière. Bien que l'école secondaire vise surtout à donner une formation générale à tous les élèves, on ne peut soutenir qu'elle n'est pas chargée de les sensibiliser à l'intérêt des carrières scientifiques et technologiques, ainsi qu'aux incidences de la technologie sur le milieu de travail.

### Les enseignants : leurs priorités et leur efficacité

Notre équipe de recherches a demandé aux enseignants visés par l'enquête d'évaluer l'importance de 14 objectifs différents de l'enseignement des sciences. Bien que les directives officielles ne les rangent pas dans un ordre prioritaire, les enseignants, eux, choisissent ceux qu'ils considèrent les plus importants. Les résultats de cette enquête nous ont donné une bonne idée, tout au moins au niveau du programme planifié, des priorités des enseignants et de la façon dont elles varient selon le niveau d'enseignement.

Dans les écoles primaires et pendant le 1er cycle de l'école secondaire, c'est l'acquisition d'une attitude et d'habiletés scientifiques, d'une part, et d'aptitudes sociales, d'autre part, qui est prioritaire; l'apprentissage du contenu des sciences n'arrive qu'en sixième ou septième place. Pendant le 2e cycle du niveau secondaire, les professeurs accordent la priorité à l'apprentissage du contenu des sciences. En règle générale, les instituteurs concentrent leurs efforts sur un plus petit nombre d'objectifs que leurs collègues des écoles secondaires lesquels, en particulier au 2e cycle, ont tendance à accorder autant d'importance à tous les objectifs.

Les données de l'enquête ont révélé quelques autres aspects intéressants. Dans les écoles secondaires, bien que neuf professeurs sur dix estiment qu'il faut bien comprendre le rôle et l'importance des sciences dans la société moderne, seulement la moitié d'entre eux favorisent un enseignement portant sur l'activité scientifique au Canada même. Et bien que les professeurs se disent intéressés par les applications pratiques des sciences, ils ne paraissent pas pressés de s'informer au sujet de la connaissance de la nature de la technologie ou du génie. Il semble donc que, dans les écoles canadiennes, on n'accorde que très peu d'importance à l'actualité scientifique.

Les professeurs ont également fait connaître l'évaluation de leur efficacité dans la réalisation des objectifs de l'enseignement des sciences. Il n'est pas surprenant que les objectifs qu'ils favorisent soient les mêmes que ceux qu'ils prétendent atteindre. Toutefois, il y a des exceptions, dont deux touchent la formation de citoyens éclairés. L'objectif portant sur les interactions entre sciences et société est jugé important par neuf professeurs sur dix, mais seulement six sur dix considèrent qu'ils l'atteignent réellement. On peut faire la même observation au sujet du développement des aptitudes à la lecture et à la compréhension de la documentation scientifique, des revues et des autres publications. Finalement, bien que 93 pour cent des professeurs du 1er cycle de l'école secondaire considèrent le développement des aptitudes sociales comme important, 65 pour cent seulement d'entre eux estiment qu'ils réussissent à l'atteindre.

Les enseignants reconnaissent donc l'importance de la dimension sociale de la science, et celle de ses applications pratiques. Toutefois, ils ne désirent pas tous s'occuper des questions portant sur les aspects de l'activité scientifique et technologique au Canada, et ils manifestent peu d'intérêt pour l'histoire des sciences. Les entretiens que nos chargés de l'étude ont eus avec ces enseignants ont révélé qu'ils invoquent le plus souvent le manque de temps comme raison de ne pas dépasser le cadre habituel de l'enseignement : le temps de mener à bien le programme; le temps nécessaire pour maintenir la discipline en classe; le temps passé à corriger et à noter les devoirs. Ils font également valoir leur absence de formation ou de perfectionnement professionnel. D'après les professeurs, leur choix de priorités s'explique aussi par toute une série de contraintes administratives et toute la tradition de l'administration scolaire. Ces priorités portent presque exclusivement sur deux catégories d'objectifs de l'enseignement des sciences : l'épanouissement personnel et la préparation aux études supérieures, ce qui laisse peu de temps pour la formation de citoyens éclairés ou la préparation des élèves au monde du travail.

### Les manuels

Au niveau primaire, la source la plus utile dont les enseignants disposent pour préparer leurs cours sont les ouvrages de la bibliothèque scolaire. Dans les écoles secondaires, ce sont les manuels de sciences, et pas seulement ceux qui sont agréés par les ministères de l'Éducation, qui constituent leur source principale d'information. Les objectifs de ces manuels reflètent-ils ceux des ministères de l'Éducation et leur échelle de priorités est-elle la même que celle des enseignants? L'analyse des objectifs *énoncés* par un échantillonnage de manuels de science montre qu'il en est ainsi pour au moins deux des objectifs : enseigner le contenu des sciences et conférer des habiletés scientifiques. Nos chercheurs ont également trouvé quelques manuels portant sur les interactions entre sciences, technologie et société; les ouvrages de cette catégorie sont les plus récents; ils ont été conçus surtout pour le 1er cycle du niveau secondaire, et sont souvent rédigés par des auteurs canadiens. Ces ouvrages, comme ceux des séries *ALCHEM* et *Scienceways*, s'efforcent d'articuler la vie quotidienne et le contenu scientifique. Par contre, les manuels plus anciens, particulièrement ceux utilisés au 2e cycle du niveau secondaire, ne portent pas sur les interactions entre la vie quotidienne, les sciences et la technologie. Ces ouvrages, comme ceux des séries du *Physical Science Study Committee (PSSC)* et *CHEMStudy*, portent sur les concepts de la science et sur la méthode scientifique. Leur présentation colle à la structure propre à chaque discipline scientifique.

Comment les manuels scolaires et les guides de laboratoire aident-ils à atteindre les objectifs de l'enseignement des sciences? Notamment en proposant une série d'expériences pour former les élèves à la méthode scientifique et en les laissant découvrir à nouveau ou vérifier les lois et les relations quantitatives acceptées par tous les scientifiques. Dans la majorité

des cas, cependant, ni la problématique, ni la conception de l'expérience ou l'application des résultats ne sont débattus en classe. Du début à la fin des travaux en laboratoire, les élèves doivent suivre pas à pas une démarche choisie d'avance. En suivant les directives du guide de laboratoire, ils apprennent à faire ce que l'on attend d'eux, mais ne font pas l'expérience d'une démarche scientifique véritable.

Lorsque les interactions entre sciences, technologie et société apparaissent dans les manuels, c'est souvent sous forme de messages implicites au lecteur. Comme ces textes sont assez récents, ils reflètent surtout les attitudes caractéristiques des années 70 et mentionnent, par exemple, les préoccupations causées par la pollution de l'environnement et le gaspillage des ressources naturelles. L'élève y apprend que l'activité scientifique et technologique est responsable de ces problèmes, mais n'est que très peu informé de la façon dont les sciences et la technologie peuvent être utilisées afin de corriger cette situation, et des avantages que la société a retiré de l'utilisation intelligente des connaissances scientifiques et technologiques. Selon ces manuels, les avantages issus des sciences et de la technologie proviennent presque exclusivement de la recherche médicale. Les manuels de sciences physiques ou de sciences en général ne mentionnent que rarement les techniques d'informatisation ou de télécommunications, bien que ces dernières aient transformé notre société au cours des 20 dernières années. Ils ne s'étendent guère, non plus, sur les carrières scientifiques et le monde du travail.

### Les élèves et la salle de classe

Le Conseil des sciences a fait réaliser des études de cas d'enseignement des sciences dans huit écoles canadiennes. Ces recherches nous permettent de comparer les intentions des ministères, des enseignants et des manuels, et les priorités qu'ils fixent avec ce qui se passe vraiment dans la salle de classe.

Nous avons remarqué qu'il existe, au niveau primaire, un grand décalage entre les intentions des ministères et la réalité. Peu d'écoles primaires canadiennes donnent des cours de sciences, en y affectant un instituteur compétent en ces matières et l'appareillage nécessaire pendant une période assignée. On y procède plutôt de façon « intégrée », quand on en donne. Cela veut dire qu'on lit un livre au sujet des sciences ou qu'on présente les aspects scientifiques ou technologiques d'un thème comme « l'eau », par exemple, puis qu'on essaie de répondre aux questions des écoliers.

Au 1er cycle du niveau secondaire, c'est le temps dont dispose le professeur pour « couvrir » toute la matière à enseigner, l'énergie qu'il consacre au maintien de la discipline et le temps qu'il passe à encourager les élèves à acquérir de bonnes habitudes de travail qui restreignent sa latitude d'action. C'est pourquoi il accorde la priorité à l'enseignement du contenu des sciences plutôt qu'à tout autre objectif pertinent. À ce niveau les sciences sont souvent présentées comme un corpus de vérités que les élèves doivent assimiler aussi rapidement que possible.

Comme le montrent les études de cas effectuées par nos chercheurs, les contraintes de temps demeurent un facteur crucial au cours du 2e cycle du niveau secondaire. Les aspects quantitatifs des sciences monopolisent la plus grande partie du temps qu'on leur consacre. C'est la « bonne réponse » qui compte et, par conséquent, il importe plus de répondre aux questions de la bonne façon que de chercher à comprendre réellement le problème. Les intérêts des élèves, qui étaient pris en considération pour l'enseignement des sciences au niveau primaire, sont complètement oubliés au cours des dernières années de l'école secondaire.

Des quatre objectifs proposés pour l'enseignement des sciences, trois apparaissent au niveau de la planification : épanouissement individuel, préparation aux études postsecondaires et formation de citoyens éclairés. Dans la salle de classe, toutefois, c'est le deuxième qui justifie presque à lui seul l'enseignement des sciences. Bien que l'acquisition d'habiletés scientifiques soit en vogue, les enseignants ne disposent pas des moyens d'évaluation qui leur permettraient d'établir si les élèves acquièrent vraiment une attitude plus scientifique, et s'ils montrent plus d'esprit critique ou plus de créativité grâce à l'enseignement reçu. Dans le même ordre d'idées, malgré le désir des enseignants de former des citoyens « éclairés », les manuels illustrent encore les interactions entre sciences, technologie et société par des exemples de gaspillage ou de pollution, annexés au cours traditionnel de sciences, et traités si du temps est disponible. Alors même que les jeunes doivent surmonter de sérieuses difficultés pour se joindre à la population active, la formation scientifique qu'ils reçoivent les prépare très mal à un marché du travail largement façonné par les sciences et la technologie.

# Chapitre 5

# Conclusions et recommandations

Le Conseil est persuadé que c'est le temps ou jamais d'amorcer un renouveau de l'enseignement des sciences au Canada. De plus, ce renouveau devrait s'appuyer sur l'acquis disponible et les initiatives heureuses. Au cours de l'étude, nos chercheurs ont relevé de nombreux exemples de dynamisme, d'innovation et de succès dans l'enseignement des sciences, l'élaboration de programmes d'études et la formation des enseignants, notamment, dans chaque province ou territoire du pays. Il faut reconnaître la validité de ces activités, tant pour elles-mêmes que comme modèles de changement.

En même temps qu'ils notaient ces activités encourageantes, nos chercheurs ont mis en évidence quelques problèmes. Aussi proposons-nous huit actions prioritaires pour renouveler l'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes. On peut les classer sous trois rubriques :

*Une formation scientifique appropriée pour tous*

1. Garantir l'enseignement des sciences dans chaque école primaire.
2. Accroître le nombre de jeunes filles recevant une formation en sciences.
3. Offrir des cours invitants aux élèves les plus aptes et aux « mordus » des sciences.

*Réorientation de l'enseignement des sciences*

4. Représenter les sciences de façon plus fidèle.
5. Mettre l'accent sur les interactions entre sciences, technologie et société.
6. Donner à l'enseignement des sciences un contexte canadien.
7. Initier les élèves à la technologie.

*Évaluation constante de l'efficacité de la formation scientifique*

8. Assurer la qualité de l'enseignement des sciences.

Le lecteur trouvera ci-après la description générale de ces huit actions prioritaires, résumant la position du Conseil des sciences. Nous ferons, au chapitre 6, des recommandations pour les mettre en œuvre.

### 1. Garantir l'enseignement des sciences dans chaque école primaire

L'enseignement des sciences devrait être dispensé à tous les écoliers de niveau primaire au Canada. Cette politique est déjà adoptée; il faut maintenant la mettre en pratique.

La plupart des enfants, de la maternelle à la fin de l'école primaire, ne reçoivent que les rudiments d'un enseignement des sciences, en dépit des politiques adoptées par les ministères de l'Éducation. Les éducateurs se sont résignés à cet état des choses. Ils mettent l'accent sur des sujets dont

l'étude est, à leur avis, indispensable, tels l'apprentissage de la langue et les mathématiques, et leur consacrent quelquefois beaucoup plus de temps qu'il n'est officiellement prescrit. Les matières faisant appel à des spécialistes, telle l'éducation physique, ont des heures de cours et des installations qui leur sont réservées et se font donc pendant les périodes assignées. Mais l'enseignement des sciences n'est pas considéré comme indispensable, et ce ne sont pas des spécialistes qui en sont chargés : il ne dispose donc pas d'installations ou d'horaires particuliers et se trouve, de ce fait, relégué à l'arrière-plan. Comme la société actuelle exige que ses membres acquièrent de nouvelles compétences scientifiques et technologiques, le Conseil estime que le peu d'importance accordé à l'enseignement des sciences au niveau primaire est inacceptable et qu'il faut remédier à cette situation, sans qu'il soit indispensable de faire appel à des spécialistes de cet enseignement.

Il y a beaucoup à faire en ce sens : donner une formation pertinente aux institutrices et instituteurs qui n'ont pas de bagage scientifique; encourager ceux qui enseignent un peu les sciences; fournir des locaux et l'appareillage nécessaires, et élaborer le matériel didactique approprié. Il faudrait déterminer quelles sont les écoles primaires où l'on dispense déjà un enseignement des sciences de qualité et tirer profit des compétences ainsi développées.

Ces enseignants rétorquent souvent que les sciences sont « intégrées » aux autres activités scolaires. Dans certains cas, il s'agit de lectures thématiques, par exemple au sujet des animaux familiers, lesquelles communiquent l'information scientifique aux enfants. Ce concept d'intégration est toutefois si vague que sa nature ne peut être déterminée qu'en observant de près l'enseignement dispensé en classe, ou grâce à des entretiens avec les instituteurs qui disent utiliser cette méthode. Le Conseil supérieur de l'éducation du Québec s'est plaint de la situation de l'enseignement des sciences dans les écoles primaires de la province, et a recommandé de la corriger en intégrant cet enseignement aux autres activités[1], tout en reconnaissant l'impossibilité de savoir exactement ce que chaque personne veut dire par « intégration ». De nos jours, cette intégration évoque plus l'*idéal* d'une méthode interdisciplinaire qu'une solution pratique et applicable. Le Conseil des sciences est d'avis qu'à court terme, tout au moins, il faudrait accorder une attention particulière à l'enseignement des sciences en soi, et l'offrir à tous les écoliers.

Les fonctionnaires des ministères provinciaux de l'Éducation font savoir qu'environ 10 pour cent du temps des écoliers de la 1ère à la 6e année devrait être réservé, dès maintenant, à l'enseignement des sciences. Le Conseil estime qu'un pourcentage plus élevé pourrait aisément se justifier; mais, actuellement, bien des écoles primaires ne consacrent même pas la durée prescrite à cet enseignement des sciences. Il faudrait que les parents exigent que leurs enfants suivent des cours de sciences au primaire. Certains observateurs soutiendront qu'une augmentation de la proportion de l'horaire scolaire consacrée à l'enseignement des sciences réduirait le temps disponible pour celui d'autres matières comme l'apprentissage de la langue ou les mathématiques, ou exigerait un allongement de l'horaire.

Cette observation est valable, mais il faut souligner que les élèves sont désavantagés par un déséquilibre du programme scolaire privé de son volet scientifique. Le Conseil estime qu'à court terme il faudrait enseigner quelque peu les sciences dans toutes les classes primaires. Mais il recommande qu'à long terme cet enseignement soit donné pendant 15 pour cent du temps des écoliers de toutes les provinces, dès que les conséquences d'une telle initiative auront été étudiées à fond.

Il faudrait reconnaître l'importante contribution des institutrices et des instituteurs qui se sont opposés aux tendances récentes et ont fait des efforts pour améliorer la qualité de l'enseignement des sciences au niveau primaire. Certains d'entre eux restent même à l'école pour aider leurs collègues (assez rarement, il faut le dire); d'autres rédigent des articles pour les bulletins des associations de professeurs de sciences; d'autres encore contribuent à mettre le matériel scientifique de la commission scolaire à la disposition de tous les professeurs. On peut se fonder sur ces activités et tirer valablement parti de cet enthousiasme.

### 2. Accroître le nombre de jeunes filles recevant une formation en sciences

> Les responsables de l'éducation devraient prendre toutes les mesures possibles pour intéresser les jeunes filles à une formation scientifique ou technologique et pour accroître les possibilités de l'acquérir.

Nous nous sommes déjà inquiétés du petit nombre de jeunes filles assistant aux cours de sciences physiques à l'école et des effets négatifs d'une telle attitude sur leurs possibilités d'entreprendre ultérieurement une carrière scientifique ou technologique. L'ambiance familiale a beaucoup d'influence sur l'attitude des jeunes filles à l'égard de leur avenir professionnel et des sciences, et les parents qui perçoivent clairement cette influence peuvent largement modifier les perspectives d'avenir de leur fille. Il est donc capital de sensibiliser les parents à cette possibilité.

Mais le système scolaire doit aussi agir de son côté. Nous n'acceptons pas qu'on considère comme naturelle cette faible proportion d'élèves féminines dans les classes de sciences, et donc qu'il ne soit pas nécessaire d'y remédier. Il ne s'agit plus de savoir si les écoles devraient s'efforcer de modifier cette situation, mais bien comment elles pourraient y parvenir. Trois secteurs offrent des possibilités intéressantes : le programme d'études, la didactique et l'orientation professionnelle. Nous examinerons ci-dessous ces voies d'action dans leurs grandes lignes, nous réservant de proposer des mesures concrètes de changement dans le chapitre qui suit.

*Le programme d'études*

Les enfants qui entrent à l'école ont déjà acquis des expériences fort diverses, lesquelles déterminent ce qui, dans le programme d'études, les intéressera le plus; malheureusement, les filles ont, en général, moins de dextérité pratique et d'expérience des phénomènes mécaniques que les garçons, et cette lacune leur rend plus ardu l'apprentissage des sciences.

Une étude a montré, par exemple, que plus de 75 pour cent des écolières de 11 ans, mais seulement 45 pour cent des écoliers, n'avaient presque jamais utilisé de tournevis[2]. L'absence de telles expériences formatrices empêche les filles de comprendre aisément certains termes et certaines notions capitales pour les cours de sciences : la verticale, la force, l'angle et la vitesse, par exemple. Les concepteurs de programmes d'études scientifiques pour les premières années d'enseignement devraient tenir compte de la nature et de la qualité des expériences préscolaires des écoliers.

Il faut que les filles puissent se familiariser avec les sciences et la technologie aussi aisément que les garçons; cela causera quelques difficultés aux enseignants : en premier lieu, il ne faut pas qu'ils donnent aux élèves l'impression qu'il existe deux versions des sciences, l'une pour les filles et l'autre pour les garçons. De plus, ils doivent éviter de proposer des exemples qui, en matière de sciences appliquées par exemple, reflètent des expériences typiquement masculines et renforcent les préjugés au sujet des rôles des sexes. Les enseignants et les auteurs de manuels doivent choisir soigneusement leurs exemples afin de ne pas privilégier l'un aux dépens de l'autre. Cette action sera facilitée par le choix des interactions entre sciences, technologie et société comme thème de l'enseignement des sciences à l'école secondaire : l'accent ainsi mis sur les aspects humains des activités scientifiques, qui touchent la population dans sa vie quotidienne, accroît l'attrait des sciences pour les élèves féminines.

On en déduit une troisième façon de concevoir le programme d'études scientifiques afin de le rendre plus attrayant pour les jeunes filles, en mentionnant les apports des femmes de science. La plupart des manuels d'histoire des sciences décrivent surtout les contributions des hommes de science, à l'exception de celles de Marie Curie. Ces manuels pourraient rappeler l'œuvre de femmes scientifiques et inventeurs, en particulier de Canadiennes comme Ursula Franklin, Thérèse Gouin Décarie et Helen Sawyer Hogg, afin d'illustrer par l'exemple les possibilités de carrières scientifiques féminines.

*La didactique*

Bien qu'actuellement la plupart des enseignants évitent les clichés phallocratiques les plus éculés, leur attitude suggère parfois ce qu'ils attendent des études scientifiques des jeunes filles. Une étude a, par exemple, porté sur un cours de sciences pendant lequel les garçons et les filles travaillaient par couples au laboratoire; le garçon se servait de l'appareillage et prenait les mesures tandis que la fille lisait les instructions et inscrivait les observations. Une autre a montré comment des stagiaires en pédagogie posaient leurs questions la plupart du temps aux garçons. Sans être intentionnelles ou même très apparentes, ces préférences font croire aux filles que leur rôle est secondaire et les retiennent de s'inscrire aux cours de sciences. Les enseignants doivent se rendre compte des répercussions non voulues de ce comportement, tant sur le plan de ce qui se fait (comme dans le second exemple) que de ce qui ne se fait pas (comme dans le premier).

*Orientation professionnelle*

De nombreux élèves n'ont qu'une idée vague et souvent inexacte des activités réelles des scientifiques et des ingénieurs. Comme l'ont montré les analyses des manuels scolaires réalisées à notre initiative, certaines de ces conceptions erronées ont leur origine dans la classe de sciences. Il faudrait mieux informer les élèves et, en particulier, encourager les jeunes filles à se préparer à une carrière, et leur signaler les possibilités offertes par les sciences et la technologie. Les autorités scolaires britanniques ont mis en œuvre un programme dans le cadre duquel des femmes de sciences et des ingénieures étaient invitées à exposer aux élèves les concepts scientifiques utilisés dans leur propre travail. Ce programme a connu un franc succès auprès des élèves et des professeurs, tant masculins que féminins. De cette façon, ou autrement, les autorités scolaires peuvent encourager les jeunes filles à s'intéresser aux sciences et à la technologie, et favoriser leur succès. Il faut toutefois que les parents et les enseignants désirent vraiment changer leur attitude.

### 3. Offrir des cours invitants aux élèves les plus aptes et aux « mordus » des sciences

On devrait mettre sur pied des programmes d'enseignement encourageant les élèves qui ont du talent ou qui s'intéressent vivement aux sciences et à la technologie, et les engageant à approfondir leurs connaissances.

Certains groupes d'élèves exigent que leur intérêt soit fortement stimulé afin de développer toutes leurs potentialités. Ces élèves réussissent très bien, non seulement en sciences, mais souvent aussi en d'autres matières; toutefois, le mode d'éducation actuel ne les stimule pas assez. Bien que les autorités scolaires aient mis sur pied, ces dernières années, divers programmes pour aider les groupes ayant des besoins spéciaux, celui des élèves doués a été négligé, peut-être parce qu'elles les considèrent comme déjà privilégiés. Le Conseil déplore vivement cette lacune, qui conduit au gaspillage d'une des ressources les plus précieuses du Canada : la ressource humaine.

Sans qu'ils appartiennent nécessairement au groupe de ceux qui réussissent le mieux, d'autres élèves éprouvent pour les sciences et la technologie un intérêt au-dessus de la moyenne. Cet intérêt se traduit par une participation aux activités de loisirs scientifiques et une volonté de se tenir au courant de l'actualité scientifique et technique, ou par le simple désir d'en faire « un peu plus » dans le cadre scolaire. Le Conseil estime que ces élèves devraient bénéficier d'un enseignement à la fois stimulant et instructif, qui développerait leur goût de la recherche. Les autorités scolaires devraient donc mettre sur pied des programmes de sciences « enrichis » pour ces élèves ou, s'il y a lieu, créer des écoles spéciales où le programme d'études réserverait une place plus importante aux sciences et à la technologie.

## 4. Représenter les sciences de façon plus fidèle

L'image des sciences et de la technologie présentée aux élèves devrait comprendre leurs aspects historiques, sociaux et philosophiques.

Le Conseil des sciences s'inquiète de la représentation des sciences véhiculée par les manuels scolaires. Les recherches ont montré que ces ouvrages en présentent une image trop standardisée et simplifiée, de façon à escamoter les obstacles sur le chemin du savoir. Mais comme les sciences sont, par essence, des recherches d'explications, il faudrait que l'enseignement donne aux élèves une illustration authentique de leur méthode[3]. Le Conseil admet que les connaissances scientifiques contenues dans les manuels sont en général exactes. Il n'a reçu que peu de plaintes à ce propos. Les difficultés découlent d'une présentation inexacte de la démarche scientifique et de ses conséquences aux élèves.

À notre avis, il faudrait faire ressortir les aspects des sciences suivants, pour en brosser un tableau plus complet : l'histoire des sciences et de la technologie, les interactions entre ces deux domaines et une réflexion sur la nature du savoir scientifique.

L'histoire des sciences et de la technologie, envisagée dans une perspective canadienne, montrerait aux élèves comment le climat social et politique valorise ou défavorise l'activité scientifique et l'utilisation judicieuse des résultats de la recherche. Il faudrait aussi leur expliquer les interactions constantes entre les sciences et la technologie : cette dernière n'est pas simplement l'application des découvertes scientifiques; elle pose aussi des problèmes aux scientifiques et leur fournit les moyens de progresser. Au Canada, la tradition scientifique doit beaucoup aux réussites de ses débuts dans les domaines de la géologie et de l'agriculture, et à la contribution des ingénieurs dans certains secteurs. Le Conseil s'attend à ce que l'enseignement des sciences donne un compte rendu valable du rôle de la technologie dans l'avancement des sciences. Finalement, si les élèves s'interrogent sur la nature de la connaissance scientifique, ils comprendront mieux les limitations de l'activité scientifique, et son pouvoir explicatif. Bien que le Conseil ne s'attende pas à ce qu'on donne aux enfants et aux adolescents une formation épistémologique, il estime que les professeurs de sciences devraient recevoir une telle formation, afin que leur enseignement reflète plus fidèlement l'activité scientifique contemporaine.

Cette présentation plus authentique des sciences aidera les jeunes se destinant à des carrières de scientifiques, d'ingénieurs et de techniciens à envisager de façon réaliste leurs activités futures, en les sensibilisant aux paramètres politiques et sociaux qui influencent leurs travaux. Les citoyens de l'avenir seront, eux aussi, plus réalistes dans leurs attentes à l'égard des sciences et de la technologie et pourront fonder leurs choix politiques et sociaux sur une connaissance précise de celles-là.

Finalement, l'histoire des sciences fournit l'occasion de méditer sur le savoir scientifique; et, ce qui est encore plus important, elle permet d'inculquer des valeurs morales comme le respect du savoir, la modestie, la persévérance, l'esprit de collaboration, le jugement critique et la recherche de l'excellence. Ce sont des valeurs auxquelles le Conseil des sciences, tout autant que les autorités scolaires, attache une importance particulière.

### 5. Mettre l'accent sur les interactions entre sciences, technologie et société

> Il faudrait enseigner les sciences à tous les niveaux scolaires, en mettant l'accent sur les interactions entre sciences, technologie et société, afin d'accroître la culture scientifique de tous les Canadiens.

Nous avons déjà indiqué que des objectifs de ce genre sont mentionnés dans les guides de programme de tous les ministères de l'Éducation mais que, pour la plupart, les enseignants, les auteurs de manuels et les autres responsables de l'enseignement des sciences n'y accordent que peu d'importance. Le Conseil des sciences est entièrement d'avis que l'un des objectifs premiers de l'enseignement des sciences à l'école est de permettre aux futurs citoyens du pays de comprendre les sciences et la technologie et de connaître leurs incidences sur la société. Le Conseil considère donc que cet objectif devrait être prioritaire pour l'enseignement des sciences, et à tous les niveaux scolaires.

C'est au cours des premières années de scolarité (jusqu'en 6$^{e}$ ou 7$^{e}$ année) que l'importance de cette sensibilisation est cruciale, car c'est alors que les écoliers commencent à se familiariser avec l'utilisation des sciences et de la technologie dans leur vie quotidienne. C'est à cet âge que l'enseignement des sciences et de la technologie devrait tirer le meilleur parti possible de leur curiosité innée à l'égard du monde qui les entoure, que ce soit le milieu naturel, le cadre matériel ou l'environnement technologique. Il faudrait alors mettre l'accent sur le cadre de vie des écoliers, qu'il soit nordique, rural, côtier ou urbain.

Au 1$^{er}$ cycle du secondaire, l'enseignement du contenu des sciences devient plus systématique; le professeur pourrait alors donner aux élèves des précisions sur les interactions entre sciences, technologie et société. À ce niveau, on peut signaler aux élèves que les activités scientifiques et techniques nécessitent des choix, qui doivent être faits en fonction d'une optique personnelle et sociale. Le professeur peut ouvrir le débat au sujet des décisions que les élèves ont à prendre chaque jour, notamment en matière de protection de l'environnement et d'utilisation judicieuse de l'énergie.

Au cours des dernières années du secondaire, les élèves s'intéressent aux aspects scientifiques et technologiques des questions d'intérêt public et aux choix politiques à faire à leur sujet. Ils commencent également à mieux comprendre les diverses fonctions et utilisations des sciences, en tant qu'instruments de la connaissance, et de la technologie, en tant que moyen d'action. On peut enseigner les sciences de la vie et les sciences physiques en mettant l'accent sur les interactions entre sciences, technologie et société, et expliquer aux élèves que les objectifs en cette matière ont autant d'importance que ceux de l'apprentissage du contenu des sciences, ou que le développement d'habiletés scientifiques.

Cet aspect de l'enseignement des sciences n'est pourtant pas le seul digne d'intérêt. Les élèves doivent aussi développer leurs habiletés scientifiques et s'informer à propos de la nature des sciences. Cependant, les enseignants ne peuvent accorder une attention particulière à plusieurs thèmes en même temps. Souvent, il en résulte qu'ils insistent seulement

sur l'apprentissage du contenu des sciences. C'est pourquoi les enseignants et les concepteurs de programmes doivent décider consciemment des accents à donner à l'enseignement dans tel ou tel module d'un cours de sciences. Quelques sujets scientifiques se prêtent mieux que d'autres à la mise en évidence de certaines lignes de force. Par exemple, l'énergie et la génétique sont des sujets qui éclaireraient très bien les interactions entre sciences, technologie et société, si l'on mettait l'accent sur ce couplage au moins une fois au cours de la formation de l'élève aux sciences.

En mentionnant ces « lignes de force », nous ne suggérons pas qu'il faille les enseigner au lieu du contenu scientifique. Ce n'est pas non plus quelque chose qu'il faut ajouter une fois que l'on a fini d'enseigner la « vraie » science, comme on mentionne certaines applications des sciences dans la section finale, souvent négligée, de quelques chapitres d'un manuel. Il s'agit plutôt d'une façon particulière d'enseigner l'ensemble des connaissances relatives à un thème scientifique donné. Il est facile, par exemple, de comprendre les techniques utilisées pour séparer les mélanges de substances en étudiant des procédés industriels comme le raffinage du pétrole et l'épuration des eaux. Le résultat, c'est que les élèves apprennent aussi comment des techniques scientifiques sont utilisées dans l'industrie. À l'heure actuelle, comme nous l'avons souligné auparavant, les programmes d'études et les manuels mettent l'accent sur le développement d'habiletés scientifiques et l'appréhension de la nature de la science. Nous recommandons que l'on s'efforce de trouver un équilibre entre ces objectifs et l'enseignement des interactions entre sciences, technologie et société, afin d'aider à atteindre l'objectif de formation de citoyens éclairés.

Au sujet de la part du temps disponible que le cours de sciences pourrait consacrer aux interactions entre sciences, technologie et société, nous proposons les proportions suivantes aux comités du programme et aux enseignants :

Niveau primaire : 50 pour cent

1er cycle du niveau secondaire : 33 pour cent

2e cycle du niveau secondaire : 25 pour cent

Cette nouvelle répartition des programmes de sciences nécessitera des changements aux guides de programme élaborés par les ministères, à la formation des enseignants, aux manuels et au matériel didactique, aux méthodes d'enseignement et aux stratégies d'évaluation. Mais surtout, elle exigera l'assentiment et la collaboration de tous ceux qui s'intéressent de près à l'enseignement des sciences, à l'école et ailleurs, et qui peuvent influencer ce qui se passe dans les salles de classe. On perçoit déjà des signes encourageants à ce propos dans plusieurs régions du Canada. Les professeurs de sciences devraient consacrer une part importante de la formation scientifique de chaque élève aux interactions entre sciences, technologie et société.

## 6. Insérer l'enseignement des sciences dans un contexte canadien

L'enseignement des sciences dans les écoles primaires et secondaires du Canada devrait rendre compte de la réalité canadienne. Il faudrait que chacun de leurs élèves connaisse les grandes lignes de l'histoire des sciences et de la technologie au pays, et appréhende l'importance des activités scientifiques et technologiques canadiennes à l'échelle locale, régionale et nationale.

Dans le rapport de la Commission pour les Études canadiennes, T.H.B. Symons indiquait, en 1974, que « les écoliers canadiens apprennent les réalisations et l'impact de la science dans d'autres pays (ainsi en est-il, par exemple, des vols Apollo et des Spoutniks), mais ils n'apprennent presque rien des réalisations et de l'impact de la science dans leur propre pays. La raison en est qu'on ne leur enseigne pas ces matières »[4].

Ce cri d'alarme n'a jamais vraiment été entendu. À quelques exceptions près, ce n'est qu'à l'échelle locale, sans grandes ressources et avec des possibilités réduites de dissémination, qu'on fait des efforts en ce domaine. Seuls quelques enthousiastes tentent de rattacher l'enseignement des sciences au coin de terre où l'élève vit.

Le Conseil des sciences est d'avis que les sciences enseignées aux jeunes Canadiens devraient s'inscrire dans le contexte canadien et qu'on devrait présenter leurs aspects historiques et sociaux. Les enfants qui fréquentent les écoles canadiennes devraient apprendre comment les sciences et la technologie ont contribué à la formation de leur pays, et connaître les noms des hommes et des femmes dont les découvertes et les réalisations ont rehaussé son patrimoine scientifique. Pour encourager l'enseignement de ces faits, il faudrait recueillir toutes les données disponibles au sujet de ces scientifiques et de leurs travaux, et rendre toute cette information accessible aux enseignants, à ceux qui les forment et aux auteurs de manuels; l'accès à cette banque de données encouragerait les éditeurs scolaires à les inclure dans leurs publications. Le Conseil demande également aux universités et aux organismes publics chargés de retrouver les origines de la culture scientifique et de protéger le patrimoine scientifique et technologique du Canada de contribuer, par cet effort, à la formation scientifique des jeunes Canadiens.

De plus, il faudrait inscrire l'enseignement des interactions entre sciences, technologie et société dans le cadre de la réalité canadienne. Bien que le savoir scientifique ne connaisse pas de frontières, son développement, le financement de la recherche, l'application des résultats et son enseignement se déroulent dans un contexte national. À cause de ses particularités : situation géographique septentrionale, climat froid, longues distances entre grandes villes, abondance des ressources naturelles, le Canada est différent des autres pays industrialisés. À l'échelle locale, ces caractéristiques se prêtent souvent à la mise en évidence des interactions entre sciences, technologie et société. Les télécommunications dans tout le pays, le cycle biologique du saumon dans les provinces de l'Atlantique, les aménagements hydroélectriques du Québec, l'agriculture en Saskatchewan, la recherche minière en Ontario et dans les Territoires du Nord-

Ouest et l'exploitation forestière en Colombie-Britannique en sont d'excellents exemples. L'industrialisation du pays a également conduit à l'épanouissement d'un milieu urbain mettant en évidence ces interactions.

Pour insérer leur enseignement des sciences dans un contexte canadien, les enseignants pourraient montrer à leurs élèves que la géologie et l'agriculture ont constitué les fondements historiques de l'activité scientifique et technologique du Canada, mais qu'au XX[e] siècle l'intérêt du public s'est surtout porté sur les sciences pures comme la physique et la chimie, qui ont acquis ainsi une situation privilégiée. Comme l'ont souligné H.R. Wynne-Edwards et E.R.W. Neale :

> Au milieu du siècle, nous avons convenu que « les sciences » se répartissent en différentes disciplines et forment une pyramide complexe de connaissances articulées : les mathématiques en sont le sommet; viennent en-dessous la physique et la chimie, proches des fondements des mathématiques; puis, plus bas, c'est la kyrielle des sciences biologiques et des sciences de la Terre relevant de trois premières sciences et enfin, à la base de la pyramide, les sciences appliquées comme l'agriculture, la foresterie, le génie et la médecine, issues de toutes celles qui leur sont superposées.[5]

Ces auteurs font remarquer que les enfants s'initient tout naturellement aux sciences à partir de la base de la pyramide, puis la remontent très lentement par « étapes successives de rencontre, de découverte et de rationalisation »[6]. En dépit de ce fait, l'enseignement n'a pas suivi le modèle de cette ascension naturelle vers la découverte, mais a plutôt emprunté le cheminement descendant, celui de la subordination des disciplines :

> Nous avons désigné le sommet de la pyramide comme fondement des sciences et sa base comme sous-produit [...] et nous avons décidé de la faire entrer par le sommet dans la tête des écoliers à l'aide d'une forte dose préliminaire de sciences et de mathématiques « fondamentales », enseignées isolément. La plupart des enfants en conçoivent une telle aversion pour les sciences que bien peu d'entre eux persistent et deviennent des scientifiques ou des ingénieurs (et dans ce cas, ils redécouvriront peut-être le monde « réel » qui les entoure).[7]

Le Conseil est d'avis qu'il est temps de remettre à l'honneur l'enseignement des « macrosciences » (selon la terminologie de Wynne-Edwards), c'est-à-dire les sciences aux larges assises comme la géologie, l'agriculture, la botanique, les sciences de la santé et le génie, comme *base* de la formation au niveau primaire et pendant le 1[er] cycle du niveau secondaire. Les sciences plus abstraites et d'assises plus étroites, ou « microsciences », comme la chimie, la physique et les mathématiques supérieures pourraient ainsi s'étayer sur des fondements solides. Le mouvement du concret vers l'abstrait conviendrait bien mieux au développement intellectuel des enfants, tel que nous le percevons, et permettrait par conséquent aux jeunes adolescents d'assimiler plus facilement des cours qu'ils trouvent « trop théoriques » actuellement. On propose de considérer le terme « de base » comme évoquant le point de départ du développement physique

et intellectuel de l'élève, et non le « fondement de l'édifice logique » des matières enseignées. C'est ce qu'on fait déjà, dans une certaine mesure, dans quelques régions du Canada : l'agriculture est inscrite au programme d'enseignement des sciences à l'Île-du-Prince-Édouard, et la géologie de Terre-Neuve fait partie des sciences enseignées à l'école primaire, dans cette province. Mais il est possible de faire bien plus. Le Conseil des sciences souhaite que l'on élabore du matériel didactique qui, à l'aide de ces exemples de sciences « canadiennes », fera connaître à la fois les sciences et leur pays à tous les enfants étudiant dans les écoles du Canada.

Tout comme les interactions entre sciences, technologie et société ne concernent pas nécessairement tous les aspects du programme d'études scientifiques, la sensibilisation des élèves aux progrès scientifiques et technologiques réalisés au Canada ne doit pas reposer exclusivement sur des exemples pan-canadiens. Dans un pays aussi diversifié que le nôtre, les élèves d'une région particulière devraient connaître les interactions entre sciences, technologie et société qui se manifestent dans celle-ci. Le Conseil estime aussi qu'il faut communiquer cette information à ceux des autres régions du pays. Ainsi les élèves de toutes les régions, c'est-à-dire les concitoyens de demain, auront-ils une meilleure compréhension de leurs problèmes réciproques.

### 7. Initier les élèves à la technologie

L'enseignement de la technologie devrait occuper une place de plus en plus grande dans la formation générale des élèves au niveau secondaire.

Cette proposition découle directement des préoccupations du Conseil des sciences, lequel voudrait que l'enseignement soit adapté aux réalités du monde du travail, non pas sous la forme de formation professionnelle ou de formation destinée aux élèves faibles, mais plutôt sous celle de défi intellectuel à tous les élèves. Le Conseil propose donc que les fonctionnaires responsables de tous les ministères de l'Éducation élaborent des plans pour la mise en place d'un enseignement de la technologie aux élèves du niveau secondaire.

Depuis quelques années, la technologie a acquis un nouveau sens. Définie naguère comme l'étude des techniques, des outils, des machines et des matériaux, elle signifie maintenant « l'ensemble des moyens utilisés par l'Homme pour produire les objets nécessaires à sa survie et son confort »[8]. Ces besoins en sont donc le point de départ, et ses composantes sont les richesses et les contraintes imposées par les connaissances humaines et les ressources naturelles[9].

À l'instar des sciences, on peut considérer la technologie comme un processus aussi bien que comme un produit. Les objectifs d'un cours de technologie étayant la formation générale au niveau secondaire doivent donc comprendre à la fois la pédagogie de l'objet technique et le développement d'habiletés technologiques. C'est un fait reconnu par le ministère de l'Éducation du Québec, dans ses lignes directrices pour le cours obligatoire de Secondaire III (9e année), « Initiation à la technologie » :

La leçon de technologie doit être centrée d'une façon ou d'une autre sur l'objet technique. L'étude de l'objet technique impose de savoir :

- Pourquoi il a été fabriqué?
- Comment il est fait?
- Comment et pourquoi il fonctionne?
- Comment peut-on le réaliser?

Une étude technologique comporte par conséquent deux aspects :

- un aspect intellectuel : le stade de la conception fait appel à la logique, à des attitudes de créativité et aussi à des connaissances technologiques, scientifiques, mathématiques, etc.
- un aspect pratique : le stade de la réalisation de l'objet fait appel à l'imagination, à l'esprit d'initiative, tout en développant des habiletés manuelles, la perceptivité des formes et des détails, de même que le sens de l'organisation.

Ainsi la leçon de technologie est à la fois un savoir et un savoir-faire.[10]

L'enseignement de la technologie devrait promouvoir une meilleure compréhension de ses objectifs et de sa capacité de résoudre les problèmes, et sensibiliser les élèves à l'éventail d'activités et de possibilités technologiques du Canada actuel, et aux incidences de la technologie sur la société canadienne. Les modules ou les cours de technologie devraient viser à donner aux élèves une expérience directe de la résolution méthodique des problèmes techniques, grâce à de nombreux travaux pratiques. Si les autorités scolaires désirent favoriser ce genre d'enseignement, il leur faudra des ressources supplémentaires, des professeurs formés aux nouvelles méthodes d'enseignement, un équipement télématique, et nouer des liens avec le secteur de la technologie industrielle.

Ces cours constitueront une nouveauté pour les écoles canadiennes, mais les autorités scolaires pourront s'inspirer de l'expérience des autres. En France et au Royaume-Uni, le programme d'études générales comprend depuis plusieurs années des cours de technologie, qui sont surtout donnés aux élèves du 2e cycle du niveau secondaire. Bien entendu, la complexité de la technologie étudiée et la difficulté des travaux pratiques varient selon le degré des études. Pour le Secondaire III (9e année), par exemple, le ministère de l'Éducation du Québec propose cinq grands thèmes : la technologie dans la vie quotidienne, la technologie et le bâtiment, la technologie et la mécanique, la technologie et l'électricité et la technologie dans le monde du travail. Dans les classes supérieures du niveau secondaire, au Royaume-Uni, on peut demander aux élèves de concevoir une méthode pour conserver le lait sans qu'il caille ou d'élaborer un plan d'arrosage des semis de légumes en vue d'obtenir la plus forte récolte possible.

Il faut cependant que les élèves soient sensibilisés à l'utilisation du savoir pour satisfaire les besoins de l'Homme, et qu'ils apprennent les fondements de la technologie. C'est alors seulement qu'ils seront vraiment prêts à œuvrer de façon créatrice dans le monde du travail.

## 8. Assurer la qualité de l'enseignement des sciences

> Il faut élaborer et mettre en œuvre des techniques d'évaluation pour *tous* les objectifs de l'enseignement des sciences, tant pour informer chaque élève de ses progrès que pour surveiller, dans les diverses provinces, l'efficacité de cet enseignement.

Lorsque la réalisation de certains objectifs pédagogiques n'est pas mesurée, ces objectifs ne sont valorisés ni par les élèves, ni par les enseignants, ni même par le public : c'est là un fait bien connu. Dans le présent Rapport, nous avons souvent mentionné certains objectifs de l'enseignement des sciences autres que l'apprentissage du contenu des sciences, et nous avons souligné la valeur de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences pour l'atteinte d'objectifs pédagogiques élargis. Pendant des années, ces objectifs, ou d'autres de même nature, ont fait partie du « discours » de l'enseignement des sciences. Pourtant, les examens des cours de sciences, qu'ils soient conçus par le ministère de l'Éducation ou par les professeurs, continuent à porter sur le volume de connaissances scientifiques assimilées par l'élève. Il en résulte que les professeurs et les élèves considèrent les autres objectifs comme accessoires, et ne s'en occupent que s'ils en ont le temps. Mais, comme le sait tout bon professeur, on n'a pas souvent le temps.

Aux États-Unis, on se sert beaucoup d'épreuves d'évaluation normalisées, en particulier du *Scholastic Aptitude Test (SAT)*. C'est ce qui a fait dire à John Goodlad, chercheur bien connu en matières pédagogiques, que les professeurs étatsuniens semblent axer leurs efforts sur ce qu'il décrit comme « l'étroite frange du savoir mesurée grâce aux épreuves d'évaluation »[11]. Aux États-Unis, la confiance du public à l'égard du système scolaire et l'intérêt qu'il lui accorde fluctuent en fonction de la moyenne nationale des résultats du *SAT*. M. Goodlad poursuit dans la même veine :

> En tant que mesure de la performance des écoles, les résultats des épreuves normalisées s'articulent parfaitement aux autres indicateurs de notre bien-être supposé, tel le Produit national brut (PNB) et l'Indice Dow-Jones des valeurs. Toute baisse des résultats se traduit par un redoublement de la discipline et un retour vers les matières dites « de base ».[12]

Il semble qu'aux États-Unis les résultats des *SAT* déclinent lentement; les responsables s'efforcent donc de mobiliser l'opinion publique étatsunienne en faveur d'une amélioration de l'enseignement. M. Goodlad a raison d'estimer qu'un redressement éventuel des résultats des *SAT* rendrait, de nouveau, le public indifférent à l'égard de l'enseignement des sciences. Au Canada, le système scolaire n'utilise pas ce genre d'évaluation normalisée. Si les autorités provinciales décidaient d'élaborer une telle politique, elles devraient s'inspirer de l'expérience étatsunienne et se rendre compte que la mise en place d'un programme d'épreuves normalisées ne signifie pas pour autant que les écoles atteignent les objectifs fixés. Les épreuves doivent être conçues en vue de mesurer la réalisation des divers objectifs, même s'il est difficile de le faire pour certains.

Le Conseil des sciences souligne l'intérêt qu'il accorde à deux initiatives : aider les élèves à atteindre leurs objectifs scolaires grâce à une

évaluation fiable de leurs progrès, et assurer le public que les ministères de l'Éducation et les systèmes scolaires contrôlent véritablement l'efficacité de leurs programmes de sciences. La mise en œuvre de ces deux initiatives nécessite des instruments fiables et une politique appropriée; dans la plupart des régions du pays, l'importance accordée à ces initiatives les place loin derrière l'élaboration des programmes d'études, auxquels elles devraient être associées. On note toutefois quelques faits encourageants. Le ministère de l'Éducation de l'Alberta étudie actuellement des instruments d'avant-garde pour l'évaluation des habiletés étayant la démarche scientifique; celui de l'Ontario a adopté une politique de constitution d'une banque d'items à la disposition des enseignants pour évaluer les élèves (bien que, malheureusement, la plupart des items scientifiques utilisés actuellement servent seulement à l'évaluation du contenu); les autorités québécoises ont institué une politique d'évaluation formative qui permet à l'élève de constater lui-même les progrès de son apprentissage. C'est peut-être la Colombie-Britannique qui dispose du meilleur système d'évaluation provinciale; cet instrument permet de recueillir des données qui sont utilisées dans l'élaboration des programmes d'études (les programmes de sciences ont fait l'objet de deux évaluations grâce à ce système). Tous ces exemples montrent qu'il est possible de bien évaluer l'efficacité de l'enseignement. Il reste toutefois beaucoup à faire, et les autorités scolaires des diverses provinces devraient se communiquer leur expérience.

Il faut attacher une importance particulière à l'évaluation des instruments mesurant les progrès de la réalisation d'objectifs tels que la créativité, la capacité de résoudre les problèmes et la compréhension des interactions entre sciences, technologie et société. Il est indispensable d'y parvenir, si l'on désire véritablement accorder aux objectifs de l'enseignement des sciences l'importance qui leur revient.

## Conclusion

De nombreuses questions ont été évoquées au cours de l'étude, en particulier lors des conférences délibératives. Bien que notre Rapport mette en évidence huit actions prioritaires seulement, le lecteur ne doit pas croire qu'elles constituent les seules voies de progrès. Dans le deuxième chapitre du Rapport, le Conseil des sciences a mis en vedette les quatre grands objectifs qui, à son avis, indiquent les orientations à donner à la formation scientifique. Répétons-le, tous ces objectifs sont importants pour chaque élève.

Bien que le Conseil soit assez optimiste quant aux actions prioritaires recommandées ici, il reconnaît que leur mise en œuvre exige une participation dynamique des intéressés et un effort de longue haleine. L'expérience a montré qu'il n'existe pas de recette magique et que le système d'enseignement est manifestement rebelle au changement, en particulier à celui qui est imposé de l'extérieur ou d'en haut. Les stratégies pour cette mise en œuvre (que nous présenterons au prochain chapitre) ont donc la même importance que les actions prioritaires elles-mêmes.

# Chapitre 6

# Les stratégies pour la mise en œuvre des actions prioritaires

Les modifications que nous avons recommandées au chapitre 5 constituent l'essentiel des conclusions de l'étude menée à l'initiative du Conseil. Comme nous l'avons mis en évidence tout au long du Rapport, les intéressés s'accordent souvent, en principe, sur la nature des changements à apporter aux méthodes d'enseignement (d'ailleurs souvent mentionnés dans la politique officielle), mais rien ne se concrétise en pratique. En conséquence, le Conseil va présenter ci-après des stratégies pour la mise en œuvre des huit actions prioritaires. L'introduction des changements dans le cadre scolaire nécessitera la coordination des efforts d'un grand nombre d'organismes et de personnes individuelles : il nous faut donc présenter de nombreuses stratégies, que nous classerons comme suit en sept groupes :

a. L'initiative pédagogique des ministères de l'Éducation (1-13)
b. L'initiative pédagogique des commissions et conseils scolaires (14-15)
c. L'initiative pédagogique des cadres scolaires (16-18)
d. Les ressources humaines (19-30)
e. Les ressources pédagogiques (31-35)
f. Les ressources externes (36-44)
g. Les ressources de la recherche (45-47)

Ces stratégies se fondent sur le postulat d'un renouveau exigeant plus qu'un changement dans ce que l'on appelle le « discours » de l'enseignement des sciences[1]. Comme nous l'avons déjà vu, toute modification au niveau du discours n'entraîne pas nécessairement de changements dans la pratique. C'est pourquoi les stratégies décrites visent surtout à favoriser et à faciliter le renouveau de l'enseignement des sciences dans la salle de classe. Les changements effectifs seront moins radicaux, moins visibles et moins payants sur le plan de la politique que les paroles; ils exigeront de la patience, de la compréhension et un désir véritable de réussir.

C'est dire que le processus de renouveau de l'enseignement des sciences doit trouver sa source dans les écoles, qu'il doit être lié au perfectionnement professionnel des enseignants et que le public et les organismes qui s'intéressent à l'enseignement des sciences doivent le soutenir et l'animer; mais nous ne minimisons pas l'importance de l'action des ministères de l'Éducation et de leurs politiques. Au contraire, ces ministères jouent un rôle de premier plan dans le premier groupe de recommandations, et ils prennent des initiatives pédagogiques indiquant aux professeurs de sciences ce que l'on attend d'eux.

**L'initiative pédagogique**

Pour que les changements à l'enseignement des sciences se concrétisent, il faudrait d'abord que les politiques des ministères de l'Éducation favorisent les modifications souhaitées. Le premier groupe de stratégies envisage cette situation en s'inspirant des huit actions prioritaires du chapitre 5 :

1. Tous les ministères et départements de l'Éducation des provinces et territoires (ci-après nommés « ministères ») devraient exiger que les cours de sciences (y compris l'initiation à l'informatique) constituent au moins 15 pour cent (soit 45 minutes par jour en moyenne) du programme d'études au niveau primaire (jusqu'à la 6e ou 7e année).

2. Les ministères devraient indiquer aux éducateurs, dans chaque directive concernant l'enseignement des sciences et de la technologie, des moyens concrets pour accroître le nombre des jeunes filles suivant des cours de sciences et de technologie.

3. Les ministères devraient s'assurer que les cours de sciences soient conçus de façon à intéresser *tous* les élèves, quels que soient leurs aptitudes et leur style d'apprentissage, et à leur présenter des occasions de se surpasser.

4. (a) Les ministères devraient s'assurer que les cours de sciences à tous les niveaux véhiculent une représentation valide de l'activité scientifique et de la nature des sciences, en recommandant l'utilisation judicieuse d'exemples tirés de l'histoire des sciences et l'explication soigneuse des termes dont le sens usuel n'est pas celui reconnu par les scientifiques (« découvrir », « observer », et « loi », par exemple).

   (b) Les programmes de sciences au niveau primaire devraient porter sur le milieu que connaît l'élève et comprendre des notions de géologie, d'agriculture, de foresterie, de botanique, d'anatomie, de génie, de sciences de la santé et de nutrition. Au 1er cycle du secondaire, les programmes de sciences devraient introduire, de façon graduelle, les aspects descriptifs de la physique et de la chimie : on ne devrait enseigner les notions théoriques avancées qu'au 2e cycle du niveau secondaire, ou même au collège ou à l'université. Cette politique devrait également guider le choix des manuels.

5. Les ministères devraient mettre l'accent sur l'enseignement, à tous les niveaux, des interactions entre sciences, technologie et société. (Nous proposons d'y consacrer 50 pour cent des cours au niveau primaire, 33 pour cent au 1er cycle du niveau secondaire et 25 pour cent au 2e cycle de ce niveau). Cette politique devrait également guider le choix des manuels.

6. Les ministères devraient exiger qu'on présente des exemples de réussites scientifiques de Canadiens et de Canadiennes, et d'incidences des sciences et de la technologie au Canada, chaque fois qu'il conviendrait. Cette politique devrait également déterminer le choix des manuels.

7. Les ministères devraient élaborer des cours de technologie pour l'enseignement secondaire, de même que des lignes de conduite pour leur mise en œuvre progressive.

8. Les ministères devraient exiger que les apprentissages de l'élève soient évalués en fonction de la totalité des objectifs de la formation scientifique.

Ce sont les professeurs qui devraient préparer et effectuer l'évaluation régulière de tous les objectifs des programmes d'enseignement des sciences dans le cadre de l'école. Il faudrait pour cela qu'on leur fournisse des séries d'items normalisés pour mettre sur pied les épreuves correspondantes. Ils pourraient ainsi assurer l'uniformité de leur niveau et adapter leur contenu aux besoins locaux. Ces items pourraient également servir à l'élaboration des programmes d'évaluation par les organismes provinciaux. En raison de la similarité des programmes scientifiques des diverses provinces et du coût considérable (particulièrement en temps et en ressources humaines) de la mise au point de ces items, le Conseil préconise la coopération des organismes responsables des diverses provinces dans cette entreprise.

9. Les ministères devraient collaborer à la mise sur pied d'une banque informatique interprovinciale d'items normalisés permettant l'élaboration d'examens locaux et provinciaux.

Outre cette nécessaire évaluation des progrès de chaque élève, il faudrait que chaque ministère évalue ces progrès à l'échelle de la province. Cela lui permettrait d'assurer au public que l'utilisation des deniers consacrés à l'enseignement est bien surveillée, et faciliterait le processus d'analyse et d'amélioration des programmes d'études. À ce propos, des comités ad hoc pourraient conseiller le ministre de l'Éducation de chaque province sur les changements possibles à la lumière de l'évaluation du système d'enseignement.

10. Les ministères devraient contrôler l'efficacité de leur programme scientifique grâce à une évaluation régulière des progrès des élèves.

11. (a) Les ministères devraient créer des conseils consultatifs pour l'enseignement des sciences, dont les membres proviendraient des nombreux groupes intéressés (enseignants, scientifiques, fonctionnaires responsables, industriels, chefs syndicaux, parents et élèves).

(b) Ces conseils devraient réviser de façon régulière les programmes d'études scientifiques et conseiller les ministres de l'Éducation en matière d'amélioration de la politique d'enseignement des sciences et des méthodes pertinentes. Ils pourraient aussi remplir d'autres fonctions, y compris la sensibilisation du public à l'enseignement des sciences et à son importance.

On pourrait mettre en relief l'importance des sciences en obligeant les élèves à prendre plus de cours en ce domaine. Actuellement, seul le Manitoba impose un cours obligatoire de sciences en 11e année aux élèves qui veulent recevoir leur diplôme de fin d'études secondaires. En Nouvelle-Écosse et à l'Île-du-Prince-Édouard, le dernier cours obligatoire de sciences n'est exigé qu'en 9e année. Le Conseil recommande d'imposer partout un dernier cours de sciences en 11e année.

12. Les ministères devraient exiger des élèves qu'ils suivent un cours de sciences chaque année jusqu'en 11e année, comme préalable au diplôme de fin d'études secondaires.

La fonction d'élaboration de la politique d'enseignement des sciences, dont chaque ministère de l'Éducation est chargé, est souvent confiée à un seul responsable; ces fonctionnaires ont aussi d'autres responsabilités. Ils n'ont, en général, reçu aucune formation spéciale, ne bénéficient d'aucune aide ou d'aucun soutien professionnel, et n'ont guère la possibilité de rencontrer leurs homologues d'autres provinces. Pourtant, les professeurs de sciences s'attendent à ce que ces fonctionnaires responsables personnifient et exercent le leadership du ministère en matière d'enseignement des sciences dans la province concernée. Le Conseil estime qu'ils manquent des appuis et du prestige nécessaires, que ce soit au sein de leur ministère ou à l'extérieur. À cet égard, nous avons été impressionnés par le mécanisme utilisé au Manitoba : un groupe de travail (« *K-12 science working party* ») ou comité permanent composé d'enseignants et d'autres membres, est chargé de conseiller et d'aider le responsable de la formation scientifique à élaborer le programme d'études correspondant.

13. Les ministères devraient charger au moins un de leurs fonctionnaires de la responsabilité exclusive d'élaborer le programme d'enseignement des sciences; cette personne devrait recevoir une formation convenant à sa charge, bénéficier d'un soutien adéquat dans le cadre d'un programme de perfectionnement professionnel, et rencontrer régulièrement ses homologues des autres provinces. Le Conseil des ministres de l'Éducation (Canada) devrait organiser chaque année des réunions de ce genre.

Dès que la politique provinciale appropriée a été mise en œuvre, ce sont les commissions scolaires qui assument le leadership en matière de programme d'études, mais le ministère responsable doit s'assurer qu'elles

disposent de l'autorité et des ressources nécessaires pour mettre en application la politique correspondante*. Au cours de l'étude, le Conseil a noté que les capacités des commissions scolaires à ce propos différaient fortement. Un des facteurs les plus importants, surtout en matière d'enseignement des sciences au niveau primaire, est la présence au sein de la commission d'une personne spécialement responsable des programmes de sciences. Ces conseillers pédagogiques (comme on les appelle souvent) peuvent fournir de très grands services lorsqu'il s'agit d'informer et d'aider les enseignants et les écoles à mettre en œuvre leurs programmes d'enseignement des sciences. Le ministère de l'Éducation de Terre-Neuve, par exemple, a installé un conseiller dans chaque district scolaire pour aider à l'implantation d'un programme d'enseignement des sciences au niveau primaire; ce conseiller s'occupe du perfectionnement des enseignants et, jusqu'à maintenant, son action a été couronnée de succès. Grâce à cette initiative, 30 pour cent d'enseignants de plus que dans les autres provinces sont d'avis que leur programme de perfectionnement est efficace. Le Conseil des sciences est convaincu que l'engagement de tels conseillers par les commissions scolaires permettrait d'améliorer l'enseignement des sciences au niveau primaire. Les petites commissions scolaires devront peut-être s'associer deux par deux pour engager un conseiller, ou charger leur propre conseiller de plus d'une discipline au programme (par exemple les sciences et les mathématiques).

14. Les commissions scolaires devraient charger au moins un membre de leur personnel de la responsabilité du programme d'enseignement des sciences. Il faudrait que ce conseiller reçoive la formation appropriée à sa charge, bénéficie d'un soutien adéquat grâce à un programme de perfectionnement, et rencontre régulièrement ses homologues des autres commissions scolaires. Les ministères de l'Éducation devraient encourager ces rencontres périodiques.

L'ouverture d'écoles secondaires où l'on mettrait en valeur l'enseignement des sciences et de la technologie constituerait une autre initiative que devraient prendre les commissions scolaires des régions les plus peuplées. Ces « écoles spécialisées en sciences et en technologie » seraient des centres d'innovation, d'essai et d'excellence pour la mise au point de nouveaux cours et de nouvelles méthodes d'enseignement des sciences. Les élèves y recevraient une formation générale comme ailleurs et, en plus, auraient de nombreuses possibilités d'étudier les sciences et la technologie. Ces écoles auraient à leur service les professeurs de sciences les plus compétents et les plus novateurs; elles entretiendraient des relations avec les départements ou facultés de sciences, de génie et de sciences de l'éducation des collèges et des universités de l'endroit, et collaboreraient fructueusement avec les entreprises industrielles, tout en accueillant des élèves des deux sexes dont l'intérêt ou les aptitudes pour les sciences dépassent la moyenne.

* Les recommandations nos 18, 22, 23, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 38, 41, 44 et 45 sont également adressées aux ministères de l'Éducation.

Les commissions scolaires devraient faire en sorte que ces écoles contribuent à l'amélioration *générale* de l'enseignement des sciences dans la province (ou la région), en facilitant la diffusion de leurs innovations pédagogiques et en mettant de l'avant des modèles d'excellence en enseignement des sciences et de la technologie.

Il existe déjà des écoles secondaires canadiennes ayant une vocation spéciale : deux écoles secondaires de musique à Montréal, une école secondaire pour les arts à Ottawa, et une autre qui se spécialise dans les sciences à l'*Ontario Science Centre*, à Toronto. Le Conseil est d'avis que le Canada tirerait grand profit d'un tel réseau d'écoles secondaires spécialisées. Mais il faudrait éviter que ces écoles ne s'isolent dans leur tour d'ivoire, et se contentent de répondre aux besoins particuliers d'un groupe d'élèves. Le Conseil recommande qu'elles aient le maximum d'interactions avec les autres, et contribuent ainsi à l'amélioration générale de l'enseignement des sciences.

15. Les commissions scolaires devraient ouvrir, là où le nombre le justifie, des écoles secondaires de sciences et de technologie, où les élèves recevraient une formation générale de niveau secondaire, mais où les matières scientifiques seraient privilégiées.

*Le lieu principal du renouveau de l'enseignement des sciences sera l'école elle-même, et c'est dans son cadre qu'il faudra déployer le plus d'efforts et obtenir la plus large participation.* Nous recommandons aux ministères d'énoncer clairement leurs attentes et leurs objectifs dans leurs politiques, et aux commissions scolaires de fournir les ressources indispensables au processus de renouveau*; cependant, c'est le directeur d'école qui sera toujours le protagoniste principal de celui-ci. Le climat intellectuel et social de l'école, et les attentes et exigences perçues par les enseignants paraissent être les facteurs cruciaux de l'orientation de l'enseignement des sciences, comme notre étude l'a indiqué. Les études de cas ont montré que les facteurs dominants dans le quotidien des écoles secondaires sont des priorités sociales plutôt qu'intellectuelles; les professeurs de sciences se préoccupent surtout de la diligence des élèves, de la précision des énoncés, des bonnes habitudes de travail, de l'attention et de l'observation à la lettre des directives; en conséquence, la logique du raisonnement, l'esprit critique, le jugement discriminateur et la créativité ne sont guère mis en valeur. Toutes ces qualités sont précieuses, bien entendu, mais le Conseil croit qu'il est temps de revaloriser les objectifs intellectuels de l'éducation, en particulier lorsqu'il s'agit de sciences et de technologie.

Ce n'est pas une directive ministérielle qui suffira pour établir un nouvel équilibre de priorités; celui-ci résultera des initiatives des autorités scolaires, reconnaissant l'importance des objectifs intellectuels de l'école, et prenant les mesures nécessaires pour les atteindre par priorité. Le besoin

* Les recommandations nos 18, 21, 23, 24, 29 et 31 sont également adressées aux commissions scolaires.

d'un tel leadership, surtout au niveau primaire, est également mis en relief par les résultats de l'enquête : dans l'ensemble du pays, plus de 60 pour cent des instituteurs chargés d'enseigner les sciences ont indiqué qu'il n'y avait « aucun leadership, et aucune coordination » de l'enseignement des sciences au niveau de l'école.

Comment exercer un tel leadership en cette matière? Les conclusions de l'étude et les rencontres avec les enseignants ont montré que leur problème principal est l'isolement, tant les uns par rapport aux autres qu'à l'égard du monde extérieur. Dès que la porte de la salle de classe est close, l'enseignant n'obtient que très peu d'aide ou de conseils, et n'a presque jamais l'occasion d'observer ou de consulter ses collègues. De plus, les énoncés de politique des ministères, tout comme l'attitude et les méthodes de nombreux membres de commission ou cadres d'école, font passer les enseignants pour de « simples » exécutants de programmes pédagogiques conçus ailleurs. Cette image ne correspond nullement à celle que les professeurs préfèrent, car ils se sentent capables, en tant qu'éducateurs, de reconnaître les besoins des élèves et de les satisfaire. Une autre difficulté est causée par ce que John Goodlad qualifiait de *career flatness* (unidimensionnalité du métier) de l'enseignant dont l'expérience acquise pendant des années d'activité en salle de classe est rarement utilisée de façon constructive par les écoles[2].

Nous croyons que la résolution de ces problèmes et l'exploitation des possibilités de renouveler l'enseignement des sciences nécessitent des débats entre professeurs, dans le cadre même de leur école. Il leur faudra envisager des orientations nouvelles pour cet enseignement, les changements nécessaires de méthodes et l'acquisition de capacités d'auto-évaluation facilitant la mise en œuvre de ces nouvelles méthodes d'enseignement des sciences[3]. La responsabilité ultime du programme d'études, de l'instruction et de l'évaluation repose sur les professeurs de chaque école, dont le directeur est l'animateur du processus délibératif pertinent et son défenseur plutôt qu'un surveillant ou un administrateur. Les directeurs d'école n'ont pas toujours la formation qui leur permettrait de jouer ce rôle, et certains d'entre eux s'en sentent même incapables. Pourtant, c'est sans doute le meilleur moyen, sinon le seul, de renouveler l'enseignement des sciences. À cet égard, les sciences ne sont pas tellement différentes des autres matières, et si ces recommandations étaient appliquées, l'ensemble du programme d'études s'en trouverait amélioré.

16. Les directeurs d'école devraient amorcer et encourager activement les délibérations au sein de leur personnel enseignant au sujet du programme d'enseignement des sciences dans leur école, des changements à apporter aux méthodes d'enseignement, de l'évaluation des progrès des élèves et des moyens d'améliorer le perfectionnement des professeurs. Dès que ces délibérations seraient amorcées, leur responsabilité pourrait être laissée au chef de département ou à toute autre personne responsable.

17. Les directeurs d'école devraient faciliter l'observation, par les professeurs, de l'enseignement donné par leurs collègues, afin de développer leurs capacités d'analyse de l'enseignement et d'expérimentation de méthodes innovatrices.

Il faut que le climat de l'école ne soit nullement menaçant pour que les enseignants débattent entre eux, ouvertement et de façon constructive, des difficultés causées par l'enseignement (et des moyens qu'ils entendent prendre pour les surmonter en pratique)[4]. Les professeurs, comme tous les membres des professions libérales, sont très sensibles à toute critique de leurs méthodes et de leur manière d'enseigner. L'école doit être un lieu où l'expérimentation pédagogique, accompagnée nécessairement de ses succès ou de ses échecs possibles, ne soit pas simplement tolérée, mais bien activement soutenue afin d'encourager les professeurs à adopter de nouvelles méthodes d'enseignement au milieu de leur carrière. Un climat critique ou menaçant, où l'on ne tolère que le succès, ne permettra jamais le renouveau et le changement. Il faut que les directeurs d'école aient le temps et le désir de mettre en place un climat favorable à ceux-ci.

18. Les ministères et les commissions scolaires devraient épauler les directeurs d'école qui désirent favoriser les délibérations entre professeurs au sujet des moyens d'améliorer l'enseignement des sciences. Ce soutien devrait inclure, au besoin, une aide permettant d'alléger la charge administrative de ces directeurs d'école, afin qu'ils puissent assumer le leadership du renouveau en matière de programme d'étude des sciences.

**Les ressources humaines**

La stratégie que nous proposons ici associe étroitement l'implantation du programme d'études au perfectionnement professionnel de l'enseignant. En effet, il est inséparable du processus de modification du programme d'étude des sciences. Comme peu de jeunes enseignants se joignent actuellement au système scolaire, il apparaît clairement que le perfectionnement ou le recyclage des enseignants a autant d'importance, sinon plus, que leur formation antérieure pour le renouveau de l'enseignement des sciences. Pourtant, comme les recherches l'ont montré, les programmes de perfectionnement pour les deux tiers des professeurs de sciences sont, soit inexistants, soit inefficaces. L'absence de ligne de force ou d'objectif à long terme explique la faiblesse de beaucoup de ces programmes. Si l'on veut baser le renouveau de l'enseignement des sciences sur l'école elle-même, il faut que celle-ci devienne le cadre de la planification et de la coordination de l'épanouissement intellectuel et de la formation permanente des professeurs. Mais il n'en résulte pas que les ressources de l'école soient les seules nécessaires au perfectionnement des professeurs; ce que les autorités de l'école devraient assurer, c'est la planification et la concertation, dont les professeurs délibéreraient d'ailleurs largement entre eux.

En tant que membres d'une profession, les professeurs de sciences devraient être responsables de leur propre perfectionnement. Mais, contrairement à certains spécialistes d'autres milieux, ils sont à l'emploi d'établissements financés par les deniers publics. Il faut donc que ce perfectionnement soit orienté vers les objectifs des programmes d'enseignement des sciences et vers les besoins de l'école. De plus, le perfectionnement professionnel des enseignants doit suivre un plan à long terme. Il doit être individualisé, de longue durée et axé sur l'école. Malheureusement, la plupart des programmes de perfectionnement des professeurs de sciences visent actuellement le court terme, sont collectifs, et sont coupés (à la fois physiquement et conceptuellement) des problèmes de la classe. Le Conseil propose donc que les besoins de perfectionnement professionnel soient envisagés lors des délibérations au sein de l'école.

19. Les professeurs de sciences, en consultation avec le directeur de l'école, devraient établir un plan de perfectionnement professionnel précisant leurs besoins correspondants (en fonction du programme de l'école) et leurs objectifs personnels, et élaborer des stratégies pour atteindre ces objectifs.

Le temps consacré au perfectionnement professionnel est traité de façons bien différentes selon les districts scolaires, et elles sont sujettes à controverse. Nous estimons qu'en principe la commission scolaire et l'enseignant devraient tous deux consacrer de leur temps à ce perfectionnement. À notre avis, la recommandation suivante représente un juste équilibre :

20. Les professeurs de sciences devraient consacrer au moins 15 jours par année à des activités de perfectionnement professionnel, dont cinq au cours de l'année scolaire (c'est-à-dire aux frais de la commission scolaire).

Comme nous l'avons déjà fait remarquer, il existe partout au pays des exemples d'un enseignement des sciences de qualité, tel que recommandé par le présent Rapport. Certains programmes de niveau primaire sont d'une qualité remarquable, et on trouve des professeurs qui réussissent à illustrer les progrès de la technologie dans une perspective canadienne; il existe aussi des programmes de perfectionnement à long terme, axés sur l'école. Les commissions scolaires et les directeurs d'école devraient, selon nous, s'efforcer de trouver quels sont les innovateurs en ces domaines et utiliser leur expérience avec profit, car elle permettrait souvent de créer des possibilités de perfectionnement pour les autres professeurs.

21. Les commissions scolaires et les directeurs d'école devraient encourager l'innovation et l'excellence dans l'enseignement des sciences en fournissant, à ceux qui possèdent des connaissances ou une expérience particulières, l'occasion de les faire connaître aux autres écoles et aux autres enseignants.

Même si l'on développe la communication de l'expérience des écoles et des enseignants, il importe qu'un nombre suffisant de professeurs soient bien préparés pour enseigner les sciences avec succès. Trois questions bien précises se posent ici : y a-t-il suffisamment de professeurs de sciences? Les qualifications professionnelles exigées pour l'enseignement des sciences sont-elles suffisantes? La préparation et la formation des professeurs de sciences satisfont-elles aux besoins? Au cours des derniers mois, le premier de ces trois points a suscité bien des appréhensions aux États-Unis. Dans notre pays, une enquête réalisée auprès des commissions scolaires n'a révélé aucune pénurie de ces spécialistes. Toutefois, si la plupart des enseignants possèdent les titres officiels exigés (par leur ministère de l'Éducation) pour enseigner les sciences, tous ne sont pas également bien préparés à le faire. Au 2e cycle du niveau secondaire, par exemple, plus de 95 pour cent des professeurs de sciences ont des diplômes de contenu plus ou moins scientifique, et même 16 pour cent d'entre eux ont des diplômes scientifiques de 2e ou 3e cycle. Par contre, au 1er cycle du niveau secondaire, plus d'un tiers des professeurs de sciences n'ont jamais suivi de cours de sciences à l'université et, au niveau primaire, les trois quarts des instituteurs n'ont jamais suivi de cours de sciences depuis qu'ils ont quitté l'école secondaire.

Ce qui est troublant, c'est que la plupart des ministères de l'Éducation considèrent tous ces enseignants comme « qualifiés » pour enseigner les sciences. Les brevets d'enseignement de la plupart des provinces sont de nature générale, c'est-à-dire qu'ils ne précisent pas les matières que peut enseigner le breveté, ni le niveau de leur enseignement. Le Conseil croit que cette particularité est injuste, tant pour le professeur que pour l'élève. Les élèves à tous les niveaux ont droit à un enseignement des sciences dispensé par une personne qui possède au moins quelque formation universitaire en la matière; l'enseignant qui n'a pas acquis ce préalable, mais à qui on demande d'enseigner les sciences, devrait recevoir de son employeur la formation appropriée.

22. (a) Les ministères de l'Éducation devraient indiquer sur le brevet d'enseignement les matières pour lesquelles le professeur est compétent parce qu'il a suivi avec succès un nombre minimum de cours de niveau universitaire dans les matières pertinentes.

    (b) Dans chaque province, le ministère de l'Éducation devrait consulter les professeurs de sciences, les doyens des facultés des sciences et les doyens des facultés des sciences de l'éducation, afin de fixer les cours requis.

La désignation des matières que les professeurs peuvent enseigner a peu d'importance si cette compétence n'entre même pas en ligne de compte lorsqu'on les engage ou quand on les licencie. Ces considérations interviennent lors des négociations collectives entre les autorités scolaires et les syndicats d'enseignants.

23. Les ministères, les commissions scolaires et les syndicats de professeurs devraient reconnaître l'importance primordiale de la présence en classe de professeurs bien préparés à enseigner, en tenant compte de leurs titres professionnels autant que de leur ancienneté, lorsqu'ils négocient les conventions collectives.

Même si l'on modifie le mécanisme de supplantation (*bumping*) des professeurs comme nous l'avons recommandé, il est inévitable qu'on engage occasionnellement des professeurs mal préparés pour enseigner les sciences. Dans ces circonstances, le Conseil est d'avis que les commissions scolaires, en tant qu'employeurs, devraient leur fournir la formation appropriée.

24. Lorsqu'elles demandent à des professeurs d'enseigner une matière donnée sans avoir la formation adéquate, les commissions scolaires devraient leur imposer une formation supplémentaire dans ces matières, mais leur donner le temps nécessaire pour l'acquérir.

Le Conseil des sciences n'a pas examiné la formation en sciences à l'université. Toutefois, c'est là que les professeurs de sciences, sinon certains instituteurs, ont étudié les sciences. C'est là qu'ils ont étudié ou non la technologie, l'histoire et la philosophie des sciences et le contexte canadien du progrès scientifique, et qu'ils ont acquis certaines attitudes à propos de la pertinence de ces questions ou d'autres aussi importantes. Les facultés des sciences de l'éducation ne sont pas les seules concernées par ce que les futurs enseignants apprennent, bien qu'elles traduisent habituellement, au plan universitaire, les exigences des ministères en matière d'attribution du brevet d'enseignement et les exigences générales de l'université à propos de la formation des maîtres dans chaque province. Évidemment, les facultés des sciences de l'éducation accueillent des futurs maîtres qui ont déjà acquis des attitudes et un savoir au sujet des questions évoquées plus haut. Au cours de leur formation universitaire en sciences, les étudiants se sont formé des opinions (en se basant souvent sur une information implicite ou mal préparée) sur le génie, l'histoire des sciences, l'importance de la contribution canadienne aux sciences et à la technologie, les questions morales ou sociales évoquées par les activités scientifiques et même sur l'importance de l'enseignement des sciences dans les écoles. Les facultés des sciences humaines et de génie ont aussi un rôle à jouer à ce propos, dans la mesure où l'université exige que les futurs maîtres étudient, par exemple, l'épistémologie et l'histoire des sciences, ou la nature de l'art de l'ingénieur comme base du progrès technologique. Au moins quatre facultés devraient jouer un rôle significatif dans la formation des professeurs de sciences bien qualifiés; évidemment, l'université tout entière a une responsabilité évidente pour le succès de cette formation.

25. Les présidents de toutes les universités offrant des programmes de formation des maîtres en sciences pour les niveaux primaire et secondaire devraient s'assurer que les doyens des facultés des sciences, de

génie, des sciences humaines et des sciences de l'éducation collaborent à la mise sur pied de programmes de formation adéquats tant au plan de la politique suivie que du choix de cours. La compréhension que les futurs maîtres acquièrent à propos des contextes philosophique, social et historique de la science et de la technologie, ainsi que la solidité et l'ampleur de leur formation scientifique devraient recevoir une attention particulière.

Il est trop important d'attirer les meilleurs étudiants dans les programmes de formation des maîtres en sciences pour qu'on laisse cette action au hasard. Bien que les préalables à l'admission aux facultés des sciences de l'éducation puissent fournir des assurances quant au niveau de formation des professeurs de sciences, on peut néanmoins prendre des mesures complémentaires.

26. Les facultés et autres établissements postsecondaires de sciences et de génie devraient déployer des efforts particuliers en vue d'inciter les meilleurs étudiants à entreprendre une carrière en enseignement des sciences, aussi bien qu'en sciences ou en génie.

Si les professeurs doivent enseigner les sciences dans un contexte social, ou le rôle des sciences dans le progrès technique, il faut leur montrer comment le faire. De plus, s'ils doivent encourager tant les filles que les garçons à étudier les sciences, il leur faut, qu'ils soient hommes ou femmes, se familiariser avec les attitudes sociales qui incitent garçons et filles à se donner des ambitions différentes, avec les idées différentes que ceux-ci se font de leurs aptitudes, et avec les degrés différents d'intérêt qu'ils manifestent à l'égard des sciences et de la technologie.

27. Les programmes de formation des maîtres en sciences devraient préparer les enseignants à utiliser un vaste éventail de programmes et de méthodes d'enseignement afin de mettre à la portée des élèves une gamme comparable d'objectifs. Il faudrait surtout mettre l'accent sur les méthodes d'enseignement axées sur les interactions entre sciences, technologie et société canadienne.

28. Les programmes de formation des maîtres en sciences devraient préparer les enseignants et les conseillers pédagogiques à prendre conscience des difficultés d'ordre social que les jeunes filles doivent affronter pour acquérir une formation en sciences, et à mettre au point des méthodes permettant de compenser ces difficultés.

Bien que de nombreux aspects de l'enseignement des sciences doivent retenir l'attention des responsables de la formation des maîtres, pour certains d'entre eux, ce n'est pas possible avant que les enseignants n'aient acquis une expérience pratique de l'enseignement. Une des principales fonctions de la formation des maîtres est de permettre au novice de « survivre » à sa première année d'enseignement[5]. Dans ces circonstances,

on ne peut espérer que les futurs enseignants, à cette étape de leur formation professionnelle, possèdent toutes les stratégies d'enseignement convenant aux différents genres d'objectifs scolaires, ou qu'ils disposent des capacités d'auto-évaluation qui leur sont indispensables.

Pourtant, malgré ce que nous venons de dire au sujet de ces facteurs limitatifs de la formation des maîtres, les enseignants, et c'est une caractéristique qui leur est presque réservée, sont considérés comme professionnellement qualifiés immédiatement après avoir terminé leur formation universitaire. Leurs perspectives de perfectionnement découlent surtout de leur propre motivation et, souvent, ils doivent combler deux solutions de continuité entre leur formation initiale et leur perfectionnement, et entre leur formation universitaire de 1er cycle et celle qu'ils reçoivent dans les cycles supérieurs. La formation des maîtres doit être organisée de façon à supprimer toute solution de continuité jusqu'aux années d'enseignement incluses, et il faut les motiver pour qu'ils poursuivent leur formation permanente. Sinon, ils ne chercheront peut-être pas à se perfectionner une fois franchi le seuil de la salle de classe. Si, de plus, le professeur n'a pour objectif que d'enseigner aux élèves un contenu strictement scientifique, cette préférence ne sera probablement jamais remise en cause. Il faudrait donc envisager de nouvelles méthodes de formation des maîtres en sciences, afin d'assurer sa continuité pendant plusieurs années (dès le début de l'activité professionnelle); elles établiraient un pont entre les programmes de 1er cycle (B.Sc. ou B. Éd.) et les programmes de 2e cycle (M.Sc. ou M. Éd.), et contribueraient à rehausser la compétence professionnelle (par exemple, dans la conception des programmes d'études et l'analyse de l'enseignement des sciences).

29. Les facultés des sciences de l'éducation devraient, en consultation avec les autres facultés, les ministères, les commissions scolaires et les associations d'enseignants, mettre au point et essayer de nouveaux modèles de formation permanente des maîtres, avant et après leur entrée en fonctions.

Mais ces changements à long terme à la formation première des enseignants ne pourront résoudre les problèmes actuels posés par la présence, dans le système scolaire, d'enseignants chargés d'enseigner les sciences sans avoir de préparation adéquate. Au niveau primaire en particulier, nombreux sont les instituteurs ayant besoin de toute urgence d'un cours de perfectionnement, afin de pouvoir enseigner les sciences convenablement. Il leur faut acquérir des connaissances scientifiques, des connaissances à propos des sciences, et des connaissances en didactique des sciences. Il est nécessaire d'accomplir un effort spécial pour qu'en 1990 chaque enseignant chargé d'inculquer les sciences ait suivi, avec succès, au moins un cours universitaire en sciences ou en didactique des sciences. Au moins 50 000 enseignants en activité se trouvent actuellement dans ce cas. Nous proposons, dans ce but, la mise sur pied de cours d'été par les facultés des sciences de l'éducation des universités canadiennes; ce programme tirerait avantage de l'expérience que certains instituteurs ont acquis en

enseignement des sciences. Un tel programme de perfectionnement ne constitue pas une solution permanente au problème, mais plutôt un palliatif à court terme (de cinq à dix ans), qui profiterait immédiatement aux élèves actuellement à l'école.

30. Les ministères de l'Éducation, de concert avec les facultés des sciences de l'éducation, devraient instituer des cours d'été pour le perfectionnement des maîtres en enseignement des sciences, afin de donner une formation appropriée aux enseignants qui ne l'ont pas eue, et prendre des mesures pour assurer que ceux-ci aient les moyens d'assister à ces cours.

**Les ressources pédagogiques**

Un bon enseignement des sciences a aussi besoin des installations et de l'équipement indispensables : il faut habituellement que les élèves disposent d'un laboratoire ou tout au moins d'une salle équipée d'eau courante, d'une distribution de gaz naturel et d'un nombre suffisant de prises de courant. C'est actuellement ce que la plupart des écoles secondaires peuvent fournir. Il en va tout autrement au niveau primaire, où moins d'un cinquième des enseignants ont accès, occasionnellement, à une salle équipée pour les activités scientifiques. De plus, les instituteurs manquent de matériel didactique (appareillage, produits chimiques ou trousses d'activités) destiné à l'enseignement des sciences. Pour remédier à ce problème, le Conseil des écoles publiques de Calgary a mis sur pied un centre de ressources où un grand nombre de trousses et autres outils didactiques sont réunis, entretenus et entreposés sous la supervision d'un technicien à plein temps. Les enseignants choisissent le matériel dont ils ont besoin, l'emportent à leur école, l'utilisent et le partagent avec leurs collègues avant de le retourner au centre où ce matériel subit une vérification avant d'être mis à la disposition d'autres enseignants. Le Conseil des sciences estime que cette initiative est fort intéressante et innovatrice, car elle permet de remédier au manque de ressources didactiques des écoles primaires.

31. (a) Les commissions scolaires devraient s'assurer que toutes les classes de leurs écoles primaires sont munies d'équipements adéquats et sécuritaires pour permettre l'enseignement des sciences.

(b) Lorsque le matériel didactique scientifique nécessaire pour les expériences ou les démonstrations manque, les commissions scolaires devraient établir des centres de ressources scientifiques où un tel matériel serait mis à la disposition des instituteurs.

L'enseignement des sciences exige aussi beaucoup plus que des enseignants bien préparés et des installations adéquates. Les recherches accomplies dans le cadre de l'étude ont montré que 90 pour cent des élèves du 2e cycle du secondaire utilisent un manuel de sciences, et que 80 pour

cent de leurs professeurs se servent des manuels comme ressource première pour l'élaboration de leurs cours. L'analyse des manuels en usage a, par ailleurs, indiqué que la mise en évidence des interactions entre sciences, technologie et société canadienne n'y apparaît que rarement et pas toujours de façon équilibrée. Par le passé, il aurait semblé normal, dans ces circonstances, de se contenter de manuels peu satisfaisants (importés en général des États-Unis). Les raisons actuelles de ne pas recourir à cette solution sont irrécusables. Lorsque l'enseignement des sciences visait simplement l'apprentissage du contenu scientifique ou des habiletés scientifiques par les élèves, on pouvait soutenir que ces objectifs étant supranationaux, peu importait la source des manuels. Maintenant qu'ils portent largement sur les interactions entre sciences, technologie et société, il faut rédiger des manuels canadiens qui tiennent compte des incidences des progrès scientifiques et techniques sur la société canadienne.

L'analyse a également montré que les travaux pratiques prévus dans les guides de laboratoire aident surtout à développer les habiletés scientifiques les plus élémentaires. Et pourtant les directives de presque tous les ministères de l'Éducation visent le développement d'aptitudes comme le raisonnement critique, la créativité et l'appréhension des limites de l'investigation scientifique. Les manuels scolaires doivent viser réellement ces objectifs, et fournir aux professeurs de meilleures stratégies d'enseignement et de meilleurs instruments d'évaluation des travaux pratiques.

En dépit du besoin de tels manuels, certains facteurs économiques freineront leur publication dans un proche avenir, à moins qu'on ne mette sur pied les organismes nécessaires. L'activité des maisons d'édition commerciales est limitée par le morcellement et la petite taille du marché canadien, et par la nécessité de solliciter autant d'approbations distinctes qu'il y a de provinces. Elles publient donc des manuels dont l'orientation est traditionnelle, c'est-à-dire familière aux enseignants, et dont le contenu scientifique est déterminé par la politique du ministère. L'auteur et l'éditeur ne sont guère encouragés à innover. Ce problème n'est pas nouveau dans notre pays; le fonctionnement d'un marché parfaitement libre ne joue pas toujours en faveur, soit de l'ensemble du Canada, soit des provinces, car seuls l'Ontario et le Québec disposent d'un marché assez important pour créer une concurrence réelle entre les auteurs de manuels rédigés spécialement pour leurs programmes.

Les ministères devraient fournir des directives spéciales aux auteurs et aux maisons d'édition, en désignant tous les objectifs que les manuels devraient viser et les critères pour l'évaluation de ces derniers en fonction des objectifs. À cet égard, l'exemple de la Direction du matériel didactique du ministère de l'Éducation du Québec mérite d'être mentionné. Bien que cette politique puisse ne pas s'appliquer partout, les ministères de l'Éducation des autres provinces pourraient la prendre en considération. Nos recommandations porteront donc sur les points suivants : amener les maisons d'édition commerciales à respecter tous les objectifs désignés par les ministères et à demander aux auteurs des textes innovateurs axés sur les interactions entre sciences, technologie et société.

32. Les ministères et les maisons d'édition devraient mettre sur pied un mécanisme d'examen et d'approbation des manuels à l'état de manuscrit, afin d'y introduire les modifications voulues avant leur impression.

33. Les ministères et les maisons d'édition devraient envisager la possibilité de faire rédiger des manuels à l'usage de plusieurs provinces, soit sous forme de version individuelle, soit avec adjonction d'un supplément contenant l'information particulière à la province intéressée.

Les manuels publiés par les maisons d'édition commerciales ne sont pas l'unique source de matériel didactique pour les enseignants. De nombreux programmes d'enseignement de qualité utilisent du matériel didactique local, distribué officieusement, et relativement facile à mettre à jour par comparaison aux manuels scolaires; ce matériel peut donc jouer un rôle complémentaire intéressant quand on l'associe au manuel de sciences officiel, plus durable. Il faut toutefois évaluer ce matériel et accroître sa diffusion s'il est de qualité, tout en encourageant d'autres travaux à l'échelle locale. Il faudrait donc mettre en place un organisme nouveau pour atteindre ces objectifs.

34. Il faudrait créer une Fondation canadienne de l'enseignement des sciences et de la technologie (en s'inspirant de la *Society, Environment and Energy Development Studies Foundation (SEEDS)* de Calgary), financée par l'industrie et par les administrations fédérale et provinciales, et chargée :
    a. d'amorcer l'élaboration du matériel didactique;
    b. d'aider aux essais, à l'évaluation et au contrôle de sa qualité;
    c. de diffuser ce matériel dans les deux langues, partout au Canada;
    d. de répartir le matériel didactique actuel; et
    e. d'élaborer des plans pour l'utilisation des techniques informatiques et magnétoscopiques dans le cadre d'un ensemble de ressources didactiques à la disposition des écoles canadiennes, en particulier celles des régions isolées.

Il faut souligner que la création d'une telle Fondation n'enfreindrait en rien l'autonomie provinciale. Les ministères provinciaux de l'Éducation seraient toujours responsables du choix des objectifs et de l'approbation des manuels scolaires. Toutefois, si les manuels permettant aux élèves d'atteindre ces objectifs pédagogiques n'existent pas, cette « autonomie » n'est qu'un vain mot. La Fondation dont nous proposons la création s'occuperait également d'édition (en tant qu'organisme à but non lucratif, toutefois) et encouragerait la conception du matériel didactique qui, autrement, ne serait pas créé. À notre avis, cette action renforcerait l'autonomie provinciale. Il ne faudrait pas, non plus, confondre les objectifs de cette Fondation avec ceux du Centre de recherches qui a fait l'objet d'une recommandation distincte (n° 45). Ce centre universitaire serait chargé d'étudier de nouvelles

méthodes d'enseignement des sciences, alors que la Fondation indépendante s'occuperait d'élaborer du matériel didactique. Il est évident que les deux projets pourraient être complémentaires.

L'équipement d'un nombre croissant d'écoles canadiennes en ordinateurs offre des possibilités toutes nouvelles d'améliorer l'enseignement, y compris celui des sciences, mais seulement si l'on s'efforce d'en tirer parti intelligemment et complètement. Il serait désastreux d'utiliser l'informatique pour propager les erreurs ou les insuffisances du passé. Il faut envisager l'informatique comme un moyen d'atteindre les objectifs décrits dans le présent Rapport. En premier lieu, celui de « la science pour tous » pourrait se concrétiser si l'on utilisait les ordinateurs pour enseigner, sur un mode individuel, les sciences à chaque élève. Mais il faudrait tout d'abord accomplir des recherches sur la façon dont les enfants appréhendent les concepts complexes, et sur la manière d'utiliser les ordinateurs à cette fin. En second lieu, l'accent donné aux sciences dans leurs contextes social et appliqué, ainsi qu'à la résolution des problèmes techniques, exige qu'on mette à la disposition des enseignants de nouvelles méthodes pédagogiques, telle la simulation informatique. Les ordinateurs permettront l'utilisation de ces méthodes, à condition qu'on élabore le logiciel correspondant. Ces deux objectifs exigent qu'on mette sur pied, sans retard, un effort concerté de recherche et de développement à l'échelle du pays. Sinon, il faudrait se résigner à acquérir à l'étranger le didacticiel nécessaire, en grandes quantités, ce qui aurait des conséquences fâcheuses pour l'économie du pays et, de plus, transférerait à l'étranger le pouvoir décisionnel en matière d'éducation au Canada.

35. (a) Les administrations fédérale et provinciales devraient se concerter pour créer des centres de recherche et de développement en enseignement assisté par ordinateur.

    (b) Les ministères de l'Éducation devraient s'assurer que tout didacticiel destiné aux cours de sciences épouse les objectifs de l'enseignement des sciences.

**Les ressources externes**

Pour que les enseignants mettent en évidence les interactions entre les sciences, la technologie et les questions sociales, il leur faut disposer de l'information et du soutien nécessaires. Au Canada, il existe de nombreux organismes et associations qui peuvent soutenir l'enseignement des sciences de cette façon : quelques-uns le font déjà, et nous avons parlé auparavant du rôle des universités à cet égard. Parmi ces soutiens potentiels, on compte la collectivité scientifique, tant grâce à l'action individuelle de ses membres qu'à celle de ses associations professionnelles, les syndicats, les entreprises industrielles, surtout celles des branches scientifiques ou techniques, les organismes publics qui s'occupent des sciences et de la technologie, y compris les ministères, les musées et les centres des sciences, le grand public et les collectivités locales.

En Amérique du Nord, les scientifiques et les ingénieurs, pris collectivement, ont souvent noué moins de liens avec l'enseignement des sciences à l'école qu'en Europe. Bien peu de scientifiques universitaires ou d'ingénieurs agréés sont membres actifs d'associations de professeurs de sciences au Canada. Pourtant, ils ont des intérêts évidents dans l'enseignement des sciences. Le Conseil estime que les scientifiques et les ingénieurs devraient épauler les professeurs de sciences, et il propose deux initiatives en cette matière :

36. La Société royale du Canada, en collaboration avec l'Association canadienne d'éducation scientifique, devrait offrir annuellement des prix d'excellence en enseignement des sciences.

37. La Société royale du Canada, l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (ACFAS), l'Association pour l'avancement des sciences au Canada (AASC) et d'autres associations de scientifiques et d'ingénieurs devraient communiquer aux ministères de l'Éducation et aux associations d'enseignants les noms de leurs membres qui désirent contribuer, par leur temps et leurs conseils, aux progrès des programmes d'études en sciences et au perfectionnement des enseignants.

Les industries de pointe axées sur les sciences ont également grand intérêt à ce que l'enseignement des sciences donné dans les écoles soit de qualité, comme l'a suggéré la participation de représentants des syndicats et des entreprises industrielles aux conférences délibératives provinciales. On remarque avec consternation que de nombreux professeurs de sciences n'ont guère de connaissances, ou aucune, au sujet des applications industrielles des sciences qu'ils enseignent. On peut remédier à cette lacune de plusieurs façons. Les professeurs de sciences pourraient passer quelque temps (pendant l'été ou au cours d'un congé sabbatique) dans le secteur industriel. Un séjour dans un centre de recherches en sciences ou en génie du secteur universitaire ou public pourrait leur fournir une expérience similaire. Dans certains cas, cette expérience pourrait être créditée au professeur, dans le cadre de ses études supérieures en éducation (d'une façon semblable à ce que permettent les programmes d'enseignement et de stage alternés — *co-op programs* — en génie). Des scientifiques et des ingénieurs pourraient visiter les écoles et présenter des conférences et des démonstrations. Comme le montre l'expérience de la Fondation *SEEDS*, l'industrie peut contribuer de façon significative aux progrès du programme d'études scientifiques (voir la recommandation n° 34), soit en finançant des bourses de perfectionnement des professeurs de sciences (tel le *Shell Merit Fellowship*, à l'Université de Calgary), soit en contribuant aux prix d'excellence en enseignement des sciences (voir la recommandation n° 36). On a mis sur pied beaucoup de projets pertinents au Canada, auxquels écoles et industries collaborent pour améliorer l'enseignement des sciences. Mais on peut certainement faire bien plus.

38. Les associations de professeurs de sciences, les associations industrielles et les ministères de l'Éducation de chaque province devraient mettre sur pied un groupe de travail chargé de recommander des mécanismes de coopération des professeurs de sciences et des industriels en vue d'améliorer l'enseignement des sciences.

Les professeurs de sciences parfois négligent de nombreux moyens de promouvoir l'enseignement des sciences. Certains de ces moyens — presse écrite et parlée, musées et centres des sciences — ont, par eux-mêmes, un objectif éducatif, alors que d'autres, tels les ministères et les établissements publics, sont souvent détenteurs d'une information scientifique et technique qui pourrait intéresser les enseignants et les élèves désireux de mieux connaître le développement des sciences et de la technologie au Canada. Nous croyons qu'il faudrait établir des liens plus étroits entre ceux qui recueillent l'information scientifique et technique et ses utilisateurs scolaires éventuels.

39. Les enseignants devraient s'efforcer de mettre à la disposition de leurs élèves les chroniques scientifiques des journaux et des revues, et particulièrement les périodiques consacrés aux progrès des sciences et de la technologie au Canada (tel *Dimension Science*), et les utiliser en classe chaque fois qu'il convient.

40. (a) Les ministères devraient faire connaître les programmes d'enseignement des sciences aux musées et aux centres des sciences, et encourager ces organismes à mettre l'accent sur les matières d'intérêt particulier pour ces programmes.

(b) Les enseignants devraient se renseigner au sujet de l'utilisation éventuelle des ressources extra-scolaires, telles que les musées et les centres des sciences, et s'assurer qu'elles servent à améliorer leur programme d'enseignement des sciences.

41. Les associations de professeurs de sciences devraient se renseigner au sujet des sources d'information à tous les paliers du secteur public, et diffuser les résultats de cette recherche auprès de leurs membres.

Comme nous l'avons souligné au chapitre 5, les autorités scolaires devraient accomplir leur part des efforts visant à intéresser plus largement les jeunes filles aux cours de sciences et de technologie. Mais on ne peut espérer que les écoles pourront, à elles seules, rectifier des attitudes traditionnelles au sujet de cette participation féminine aux activités scientifiques. Le dossier de la mise en vigueur d'un programme national d'information en cette matière est particulièrement convaincant.

42. Le ministère d'État chargé des Sciences et de la Technologie et le ministre responsable de la Condition féminine devraient financer conjointement la mise en œuvre d'un vaste programme d'information

publique s'adressant particulièrement aux parents, et sensibilisant la population à la nécessité d'intéresser les jeunes filles et les jeunes femmes à une formation scientifique et technologique.

Finalement, il existe de nombreuses ressources auxquelles l'enseignement des sciences pourrait avoir recours au plan local, parmi les parents d'élèves et les membres de la collectivité. Il faudrait faire appel à tout ce qui peut sensibiliser les élèves au monde des sciences et de la technologie. Les enseignants et les directeurs d'école devraient s'efforcer de tirer parti de toutes les possibilités, dans le cadre de leurs relations avec les groupes de parents. Deux des organismes bénévoles s'occupant de tisser des liens entre les écoles et la collectivité sont la *Youth Science Foundation* et le Conseil de développement du loisir scientifique. Ils organisent des expos-sciences, publient des périodiques, *Youth Science News* et *Science-Loisir*, et encouragent l'intérêt de la collectivité pour les sciences, et sa participation. On a déjà mis en place des plans de développement et d'expansion, et seul manque un financement supplémentaire. Ce sont les gouvernements fédéral et provinciaux et l'industrie qui en constitueraient les principales sources.

43. Il faudrait accroître le financement de la *Youth Science Foundation* et du Conseil de développement du loisir scientifique, et le garantir pour cinq années.

Il existe un lien entre le degré de sensibilisation du public aux sciences et son soutien à l'enseignement de celles-ci. Les ministères de l'Éducation, les associations de professeurs de sciences et les autres personnes s'intéressant à l'enseignement des sciences devraient s'efforcer de mieux sensibiliser le public aux activités correspondantes, et à la nécessité de faire plus. À l'échelle locale, des activités comme les expositions scientifiques et technologiques constituent de bons moyens de sensibilisation. À une plus grande échelle, la convocation d'une conférence nationale sur l'importance de l'enseignement des sciences mettrait en lumière cette activité importante.

44. Les pouvoirs publics à tous les paliers d'autorité devraient coopérer avec les organismes scientifiques et les associations d'enseignants pour réunir périodiquement des conférences nationales sur l'enseignement des sciences.

### Les ressources de la recherche

Il faudrait accomplir des recherches plus poussées dans certains des domaines visés par les recommandations générales du chapitre 5. Par exemple, l'élaboration de méthodes d'enseignement des sciences axées sur les interactions entre sciences, technologie et société nécessite de plus grands

efforts de conception et d'expérimentation. On a à peine abordé la question du vécu des jeunes filles qui étudient les sciences dans les écoles canadiennes. Même leurs statistiques d'inscription aux cours correspondants ne sont pas toujours disponibles. De plus, on est loin d'avoir mis au point de nouvelles méthodes d'évaluation de l'enseignement des sciences en fonction des nouveaux objectifs plus complexes.

Le Canada dispose d'un nombre suffisant d'excellents chercheurs en enseignement des sciences, comme l'a montré le groupe de travail sur l'enseignement des sciences de la Société canadienne pour l'étude de l'éducation. Les travaux de plusieurs de ces chercheurs sont connus à l'échelle internationale : en matière d'enseignement axé sur les interactions entre sciences, technologie et société, par exemple, le Canada fait figure de pionnier. Cependant, l'éparpillement des chercheurs canadiens en enseignement des sciences constitue leur principale faiblesse. Comme ce sont les autorités provinciales qui ont compétence en matière d'éducation, les chercheurs en enseignement des sciences sont dispersés plutôt que d'être réunis dans des centres pour former une « masse critique » qui leur permettrait d'accomplir plus de travaux d'importance. Le Conseil propose donc la création d'un centre de recherches sur l'enseignement des interactions entre sciences, technologie et société, qui mettrait sur pied un réseau de chercheurs universitaires en cette matière, œuvrant dans tout le pays.

45. Les autorités fédérales et provinciales devraient créer un centre de recherches interprovinciales et le financer, afin qu'il étudie de nouvelles méthodes d'enseignement des sciences, surtout dans le cadre de leurs interactions avec la technologie et la société canadienne.

Dans l'intérêt de l'enseignement des sciences au Canada, il faudrait emprunter une idée déjà mise à l'essai aux États-Unis. La *National Science Teachers' Association* y a institué un « concours d'excellence en enseignement des sciences » à l'échelle nationale; 50 exemples d'enseignement des sciences de qualité ont été recensés en 1982. La mise en œuvre d'un programme semblable au Canada permettrait aux chercheurs de sensibiliser tous les Canadiens à la nécessité d'un enseignement des sciences de qualité, en effectuant les études de cas correspondantes.

46. L'Association canadienne d'éducation scientifique, en collaboration avec le groupe de travail sur l'enseignement des sciences de la Société canadienne pour l'étude de l'éducation, devrait mettre sur pied un programme visant à découvrir et à décrire des exemples d'enseignement des sciences de qualité au Canada.

De nombreuses recommandations que nous avons faites précédemment nécessitent l'allocation sans retard de crédits à la recherche et au développement à réaliser au cours des prochaines années. Le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada (CRSHC) est chargé de financer la recherche dans le domaine de l'Éducation; d'autre part, la question de

l'enseignement des sciences a des liens étroits avec un aspect actuel et stratégique du financement : « La science, la technologie et les valeurs humaines ».

47. Le Conseil de recherches en sciences humaines devrait mettre sur pied un sous-programme de subventions thématiques à la recherche en didactique des sciences, afin de faciliter l'application des recommandations du présent Rapport.

## Conclusion

La mise en œuvre de ces recommandations entraînera un développement sans précédent de l'enseignement des sciences au Canada, bénéficiant directement aux élèves actuels des écoles canadiennes et à ceux de la génération suivante. Il faut consentir un certain investissement pour que la jeunesse bénéficie de ces avantages : c'est pourquoi le Conseil a évalué le coût de mise en œuvre de ses recommandations. Plus de la moitié de celles-ci (soit 26 sur 47) n'entraîneraient aucune charge supplémentaire pour les contribuables. C'est, par exemple, le cas de la présentation d'exemples canadiens dans les manuels de sciences, de l'utilisation de stratégies pédagogiques encourageant les jeunes filles à poursuivre l'étude des sciences, ou de l'introduction d'éléments d'histoire des sciences dans les programmes de formation des maîtres. Nous estimons à 155 millions de dollars, répartis sur cinq ans, le coût de mise en œuvre des autres recommandations (voir détail en annexe). En d'autres termes, cette somme représente 0,154 % de l'ensemble des dépenses en éducation aux niveaux primaire et secondaire des écoles canadiennes, ou encore 6,28 $ par enfant scolarisé et par année. Le Conseil considère que cet investissement est modeste en regard des bénéfices attendus, et raisonnable dans le cadre des compressions budgétaires imposées au pays.

C'est la nécessité d'un leadership de la part des ministères de l'Éducation, des commissions scolaires et de la profession enseignante qui constitue le thème majeur de ces recommandations. Mais ce leadership ne peut se manifester dans un vide politique. Si les parents et les autres membres de la collectivité joignent leurs forces pour soutenir le changement, les plans pourront se matérialiser. Dans son Rapport, le Conseil a circonscrit des objectifs pour l'enseignement des sciences : il est urgent et possible de les atteindre. Nous invitons donc les citoyens du Canada à s'assurer que le renouveau de l'enseignement des sciences, tant aux plans provincial que local, deviendra réalité. Nos enfants le méritent.

# Annexe

## Estimation du coût de la mise en œuvre des recommandations

| Recommandation n° | Coût (en k$) | Coût sur 5 ans (en k$) |
|---|---|---|
| 9. Banque d'items d'évaluation | 4 000 | 4 000 |
| 10. Évaluations provinciales | 3 000 | 3 000 |
| 11. Comités consultatifs provinciaux | 50/an | 250 |
| 13. Conseillers (auprès des ministères) | 30/an | 150 |
| 14. Conseillers (auprès des commissions scolaires), 300 équivalents à plein temps | 12 000/an | 60 000 |
| 15. Écoles secondaires de sciences et de technologie: 10 écoles, 500 élèves par école, coût de démarrage | 10 000 | 10 000 |
| 21. Professeurs modèles, 125 équivalents à plein temps | 5 000/an | 25 000 |
| 29. Recherche de nouveaux modèles de formation et de perfectionnement des enseignants | 300/an | 1 500 |
| 30. Cours d'été | 2 000/an | 10 000 |
| 31. Installations et appareillage pour les écoles élémentaires | 10 000 | 10 000 |
| 34. Fondation canadienne pour l'enseignement des sciences et de la technologie (Fonds de fiducie) | 15 000 | 15 000 |
| 35. Centres de recherches (en enseignement assisté par ordinateur) | 2 000 | 10 000 |
| 36. Société royale/ACES 5 prix annuels de 2 500 $ chacun | 12,5/an | 62,5 |

| Recommandation n° | Coût (en k$) | Coût sur 5 ans (en k$) |
|---|---|---|
| 37. Frais de cadres à temps partiel | 10/an | 50 |
| 38. Groupes de travail industries-écoles | 50 | 50 |
| 42. Programme de sensibilisation du public | 200 | 200 |
| 43. YSF et CDLS | 150/an | 750 |
| 44. Conférence nationale | 250 | 250 |
| 45. Centre de recherches | 600/an | 3 000 |
| 46. Projet « Excellence » | 200/an | 1 000 |
| 47. Subventions thématiques du CRSHC | 200/an | 1 000 |

| | |
|---|---|
| Coût total (pour 5 ans) | 155 262 500 $ |
| Coût moyen par année | 31 052 500 $ |
| Ensemble des dépenses pour l'éducation aux niveaux primaire et secondaire, 1983-1984 : | 20 110 589 000 $ |
| Clientèle scolaire des niveaux élémentaire et secondaire, 1983-1984 : | 4 946 690 élèves |
| Coût total de mise en œuvre des recommandations | |
| • pourcentage de l'ensemble des dépenses | 0,154 % |
| • par élève et par an | 6,28 $ |

# Notes et bibliographie

## 2. Pourquoi étudier les sciences?

1. Edgar Faure et coll., *Apprendre à être*, Rapport de la Commission internationale pour le développement de l'éducation, Unesco, Paris, 1972.

2. Glen S. Aikenhead, *L'enseignement des sciences dans une perspective sociale*, Exposé à débattre, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, 1980, p. 68.

3. James E. Page, *Un contexte canadien pour l'enseignement des sciences*, Exposé à débattre, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, 1979, p. 21. L'auteur cite T.H.B. Symons, *Se connaître : le rapport de la Commission sur les Études canadiennes*, vol. I et II, Association des universités et collèges du Canada, 1975, vol. I, p. 149.

4. Donald A. George, *L'enseignement des sciences vu par un ingénieur*, Exposé à débattre, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, 1981, p. 29.

5. Voir John Ziman, *Teaching and Learning About Science and Society*, Cambridge University Press, Cambridge, 1980.

6. G.S. Aikenhead, *op. cit.*

7. D.A. Page, *op. cit.*

8. Ce point a été évoqué par Glen Palmer, de l'Université de l'Île-du-Prince-Édouard.

9. Ed. Barbeau, président du Comité de l'éducation de la Société canadienne de mathématiques, *Drifting Apart : Science and Mathematics in Canadian Schools*, mémoire au Comité de l'enseignement des sciences, Conseil des sciences du Canada, 1982.

10. G.S. Aikenhead, *op. cit.*

11. D.A. George, *op. cit.*

12. E.R. Ward Neale, « Reintegration of Science and the Humanities ». Allocution prononcée lors de la conférence délibérative sur l'enseignement des sciences réunie à Terre-Neuve sous les auspices du Conseil des sciences, le 9 mai 1982, à Gander.

13. G.S. Aikenhead, *op. cit.*, p. 71.

14. A. Hugh Munby, *Qu'est-ce que la pensée scientifique?* Exposé à débattre, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, 1982, p. 31.

15. Robert Nadeau et Jacques Désautel, *Épistémologie et enseignement des sciences*, Exposé à débattre, Conseil des sciences du Canada, sous presse.

16. Guy P.F. Steed, *Les entreprises émergentes : pour jouer gagnant*, Étude de documentation n° 48, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, 1982, p. 29.

17. *Ibid.*, p. 28.

18. *Ibid.*, p. 30.

19. Marcel Risi, *La Macroscole, ou l'enseignement systémique des sciences*, Exposé à débattre, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, 1982, p. 32.

20. *Ibid.*, p. 51.

21. Conseil des sciences du Canada, *Préparons la société informatisée - Demain il sera trop tard*, Rapport n° 33, Approvisionnements et Services Canada, Ottawa, 1982, p. 13.

22. Norwood Russell Hanson, *Patterns of Discovery*, Cambridge University Press, Cambridge, 1965, p. 15.

23. A. Hugh Munby, *op. cit.*, p. 18.

24. Douglas A. Roberts, *La culture scientifique - Vers l'équilibre dans le choix d'objectifs pour l'enseignement des sciences à l'école*, Exposé à débattre, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, 1983, p. 29.

## 3. Le contexte de l'enseignement des sciences

1. Cette information et les données fournies ensuite sont extraites de : Graham W.F. Orpwood, Jean-Pascal Souque et coll., *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes*, Étude de documentation n° 52 (en trois volumes), Conseil des sciences du Canada, Ottawa, 1984.

2. Pierre-Léon Trempe, « Lavoisier : l'enseignement des sciences dans une polyvalente », dans *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes*, Étude de documentation n° 52, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, 1984.

## 4. Les orientations actuelles de l'enseignement des sciences

1. Cette observation est développée par Janet Ferguson, dir. de public., *Qui fait tourner la roue?* Compte rendu d'un Atelier sur les femmes et l'enseignement des sciences au Canada, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, 1982.

2. Graham W.F. Orpwood et Jean-Pascal Souque, *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes*, vol. I (Introduction et analyse des programmes d'études), Étude de documentation n° 52, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, 1984.

3. Bernie Galbraith, dans *Science Process Skills and the Alberta Science Curriculum*, Exposé des faits, ministère de l'Éducation de l'Alberta, Edmonton, 1983, y fait notablement exception.

## 5. Conclusions et recommandations

1. Conseil supérieur de l'Éducation du Québec, *Le sort des matières dites « secondaires » au primaire*, Rapport présenté au Ministre de l'Éducation, Québec, 1982.

2. Barbara Smail, « Sex Differences in Science and Technology among Eleven Year-old Schoolchildren: II. Attitudes », Exposé non publié, Polytechnique de Manchester, Manchester, R.-U., 1983.

3. Voir une explication plus détaillée du concept d'un « authentique » enseignement des sciences dans Hugh Munby et Thomas Russell, « A Common Curriculum for the Natural Sciences », dans *Individual Differences and the Common Curriculum*, Gary D. Fenstermacher et John I. Goodlad, dir. de publ., 82nd Yearbook of the National Society for the Study of Education, University of Chicago Press, Chicago, 1983, pp. 160-185.

4. T.H.B. Symons, *Se connaître : le rapport de la Commission sur les Études canadiennes*, vol. I et II, Association des universités et collèges du Canada, 1975, vol. I, p. 149.

5. H.R. Wynne-Edwards et E.R.W. Neale, « Canadian Scientists Must Reverse Priorities and Invert the "Knowledge Pyramid" », dans *Science Forum*, février 1976, n° 49, pp. 30-31.

6. H.R. Wynne-Edwards, « Science and a Cultural Future: The Usefulness of the History of Science and Technology to Decision-makers », dans *Science Technology and Canadian History*, R.A. Jarrell et N.R. Ball, dir. de publ., Wilfrid Laurier Press, Waterloo, 1980, p. 100.

7. *Ibid.*, p. 101.

8. *Webster's New Collegiate Dictionary*, à « Technology ».Cette acception s'est propagée dans la francophonie.

9. Ray L. Page, « Technological Education through Science », communication présentée au Second Colloque international sur les tendances mondiales de l'enseignement des sciences, juillet 1983, à Nottingham, R.-U.

10. Ministère de l'Éducation du Québec, Direction générale du développement pédagogique, Programme d'études secondaires, Initiation à la technologie, Québec, octobre 1981, p. 5.

11. John I. Goodlad, « A Study of Schooling: Some Findings and Hypotheses », dans *Phi Delta Kappa*, mars 1983, vol. 64, n° 7, p. 468.

12. *Ibid.*

## 6. Les stratégies pour la mise en œuvre des actions prioritaires

1. Graham W.F. Orpwood et Jean-Pascal Souque, *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes*, vol. I (Introduction et analyse des programmes d'études), Étude de documentation n° 52, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, 1984.

2. John I. Goodlad, « A Study of Schooling: Some Implications for School Improvement », dans *Phi Beta Kappa*, avril 1983, vol. 64, n° 8, p. 553.

3. Thomas Russell, « Using Dreams to Analyze Realities: Can There Be Change Without Self-Monitoring? », dans *Curriculum Canada IV*, Richard Butt, John Olson et Jacques Daignault, dir. de publ., Centre pour l'étude du programme et des méthodes d'enseignement, Université de Colombie-Britannique, Vancouver, 1983, pp. 53-66.

4. John Olson et Thomas Russell, dir. de publ., *Science Education in Canadian Schools*, vol. III, « Case studies of Science Teaching », Étude de documentation n° 52, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, 1984.

5. Brent Kilbourn, « Linda: A Case Study in Clinical Supervision », dans *Revue canadienne de l'Éducation*, 1982, vol. 7, n° 3, pp. 1-24.

# Comité de l'enseignement des sciences

**Présidents**
H. Rocke Robertson*
(président de 1980 à 1982)
E. Lawson Drake**
(président de 1982 à 1984)

**Membres**
Mary-Lou Florian**
Jean-Paul Gourdeau**
B.E. Robertson**
David Suzuki**

Donald Kelly
Coordinator of Outdoor Education
Oromocto, New Brunswick

Louise Marcil-Lacoste
Professeur agrégé
Département de philosophie
Université de Montréal

Douglas A. Roberts
Professor and Head
Department of Curriculum and Instruction
University of Calgary

Thomas H.B. Symons
Vanier Professor
Trent University
Peterborough, Ontario

**Cadres**
Graham W.F. Orpwood
Jean-Pascal Souque
Isme Alam
Janet Ferguson

**Observateurs**
Douglas Penny
Fernand Royer
(Conseil des Ministres de l'Éducation (Canada))

* Ancien membre du Conseil
** Membre du Council

# Membres du Conseil des sciences du Canada

**Président**
Stuart Lyon Smith

**Membres**
Norman L. Arrison
General Manager
New Ventures Group
Global Thermoelectric Power Systems Ltd.
Bassano, Alberta

Dr. Donald Francis Arseneau
Director, Bras d'Or Institute
University College of Cape Breton
Sydney, Nova Scotia

Morrel P. Bachynski
President
MPB Technologies Inc.
Dorval, Qué.

Roger Blais
Directeur
Centre d'innovation industrielle Montréal (CIIM)
et École polytechnique de Montréal
Montréal, Qué.

John Philipp Borger
President
Arctic MacKenzie Consultants Ltd.
Edmonton, Alberta

J. Lionel Boulet
Conseiller spécial auprès du Président
Hydro-Québec
Montréal, Qué.

Donald W. Branigan
Manager and Physician
The Branigan Clinic
Whitehorse, Yukon

E. Lawson Drake
Associate Professor of Biology
University of Prince Edward Island
Charlottetown, Prince Edward Island

Mary-Lou E. Florian
Conservation Analyst (Museum Collections)
Conservation Division
Provincial Museum
Victoria, British Columbia

Robert O. Fournier
Director
Institute of Oceanography
Dalhousie University
Halifax, Nova Scotia

Jean-Paul Gourdeau
Chef de la direction
Le Groupe SNC
Montréal, Qué.

Geraldine Anne Kenney-Wallace
Department of Chemistry
University of Toronto
Toronto, Ontario

Donald W. Kydon
Professor of Physics
Faculty of Arts & Sciences
University of Winnipeg
Winnipeg, Manitoba

Fernand Labrie
Professeur
Département de physiologie
Université Laval
Québec, Qué.

John S. MacDonald
Chairman
MacDonald, Dettwiler & Associates Ltd.
Richmond, British Columbia

Frank W. Maine
President
Frank Maine Consulting Ltd.
Guelph, Ontario

William H. (Lou) Reil
President
Reil Industrial Enterprises Limited
Rexdale, Ontario

B.E. Robertson
Professor of Physics
Department of Physics & Astronomy
University of Regina
Regina, Saskatchewan

Stefan Simek
President
Ferguson, Naylor, Simek & Clark Ltd.
Yellowknife, Northwest Territories

Harold Snyder
Professor of Engineering
Memorial University of Newfoundland
St. John's, Newfoundland

David Suzuki
Department of Zoology
University of British Columbia
Vancouver, British Columbia

Vaira Vikis-Freibergs
Professeur
Département de psychologie
Université de Montréal
Montréal, Qué.

John M. Webster
Associate Vice-President, Academic
Dean, Graduate Studies
Simon Fraser University
Burnaby, British Columbia

Henry C. Winters
General Manager, Sales
Algoma Steel Corporation
Toronto, Ontario

Hugh Robert Wynne-Edwards
Vice-President, Research and Development
Chief Scientific Officer
Alcan International Limited
Montréal, Qué.

Adam H. Zimmerman
President and Chief Operating Officer
Noranda Mines Limited
Toronto, Ontario

# Publications du Conseil des sciences du Canada

## Rapports du Conseil

*N° 1* **Un programme spatial pour le Canada**, juillet 1967 (SS22-1967/1F, 0,75 $) 37 p.
*N° 2* **La proposition d'un générateur de flux neutroniques intenses – Première évaluation et recommandations**, décembre 1967 (SS22-1967/2F, 0,25 $) 13 p.
*N° 3* **Un programme majeur de recherches sur les ressources en eau du Canada**, septembre 1968 (SS22-1968/3F, 0,75 $) 43 p.
*N° 4* **Vers une politique nationale des sciences au Canada**, octobre 1968 (SS22-1968/4F, 1,00 $) 60 p.
*N° 5* **Le soutien de la recherche universitaire par le gouvernement fédéral**, septembre 1969 (SS22-1969/5F,0,75 $) 31 p.
*N° 6* **Une politique pour la diffusion de l'information scientifique et technique**, septembre 1969 (SS22-1969F/6F, 0,75 $) 41 p.
*N° 7* **Les sciences de la Terre au service du pays – Recommandations**, avril 1970 (SS22-1970/7F, 0,75 $) 37 p.
*N° 8* **Les arbres... et surtout la forêt**, 1970 (SS22-1970/8F, 0,75 $) 22 p.
*N° 9* **Le Canada...leur pays**, 1970 (SS22-1970/9F, 0,75 $) 43 p.
*N° 10* **Le Canada**, la science et la mer, 1970 (SS22-1970/10F, 0,75 $) 39 p.
*N° 11* **Le transport par ADAC : Un programme majeur pour le Canada**, décembre 1970 (SS22-1970/11F, 0,75 $) 35 p.
*N° 12* **Les deux épis, ou l'avenir de l'agriculture**, mars 1971, (SS22-1970/12F, 1,25 $) 65 p.
*N° 13* **Un réseau transcanadien de téléinformatique; 1ère phase d'un programme majeur en informatique**, août 1971 (SS22-1971/13F, 0,75 $) 41 p.
*N° 14* **Les villes de l'avenir – Les sciences et les techniques au service de l'aménagement urbain**, septembre 1971 (SS22-1971/14F, 1,75 $) 75 p.
*N° 15* **L'innovation en difficulté : Le dilemme de l'industrie manufacturière au Canada**, octobre 1971 (SS22-1971/15F, 0,75 $) 49 p.
*N° 16* **« ...mais tous étaient frappés » – Analyse de certaines inquiétudes pour l'environnement et dangers de pollution de la nature canadienne**, juin 1972 (SS22-1972/16F, 1,00 $) 53 p.
*N° 17* **In vivo – Quelques lignes directrices pour la biologie fondamentale au Canada**, août 1972 (SS22-1972/17F, 1,00 $) 77 p.
*N° 18* **Objectifs d'une politique canadienne de la recherche fondamentale**, septembre 1972 (SS22-1972/18F, 1,00 $) 81 p.
*N° 19* **Problèmes d'une politique des richesses naturelles au Canada**, janvier 1973 (SS22-1973/19F, 1,25 $) 65 p.
*N° 20* **Le Canada, les sciences et la politique internationale**, avril 1973 (SS22-1973/20F, 1,25 $) 70 p.
*N° 21* **Stratégies pour le développement de l'industrie canadienne de l'informatique**, septembre 1973 (SS22-1973/21F, 1,50 $) 84 p.
*N° 22* **Les services de santé et la science**, octobre 1974 (SS22-1974/22F, 2,00 $) 144 p.
*N° 23* **Les options énergétiques du Canada**, mars 1975 (SS22-1975/23F, Canada : 4,95 $; autres pays : 5,95 $) 151 p.
*N° 24* **La diffusion des progrès techniques des laboratoires de l'État dans le secteur secondaire**, décembre 1975 (SS22-1975/24F, Canada : 1,00 $; autres pays : 1,20 $) 67 p.
*N° 25* **Démographie, technologie et richesses naturelles**, juillet 1976 (SS22-1976/25F, Canada : 3,00 $; autres pays : 3,60 $) 93 p.
*N° 26* **Perspective boréale – Une stratégie et une politique scientifique pour l'essor du Nord canadien**, août 1977 (SS22-1977/26F, Canada : 2,50 $; autres pays : 3,00 $) 99 p.
*N° 27* **Le Canada, société de conservation – Les aléas des ressources et la nécessité de technologies inédites**, septembre 1977 (SS22-1977/27F, Canada : 4,00 $; autres pays : 4,80 $) 116 p.

*N° 28* **L'ambiance et ses contaminants – Une politique de lutte contre les agents toxiques à retardement de l'ambiance professionnelle et de l'environnement**, octobre 1977 (SS22-1977/28F, Canada : 2,00 $; autres pays : 2,40 $) 76 p.

*N° 29* **Le maillon consolidé – Une politique canadienne de la technologie**, février 1979 (SS22-1979/29F, Canada : 2,25 $; autres pays : 2,70 $) 74 p.

*N° [illegible]* **Les voies de l'autosuffisance énergétique – Les démonstrations nécessaires sur le plan national**, juin 1979 (SS22-1979/30F, Canada : 4,50 $; autres pays : 5,40 $) 211 p.

*N° [illegible]* **La recherche universitaire en péril – Le problème de la décroissance des effectifs d'étudiants**, décembre 1979 (SS22-1979/31F, Canada : 2,95 $; autres pays : 3,55 $) 69 p.

*N° 32* **Collaboration à l'autodéveloppement – L'apport scientifique et technologique du Canada à l'approvisionnement alimentaire du Tiers Monde**, mars 1981 (SS22-1981/32F, Canada : 3,95 $; autres pays : 4,75 $) 120 p.

*N° 33* **Préparons la société informatisée – Demain, il sera trop tard**, mars 1982 (SS22-1982/33F, Canada : 4,50 $; autres pays : 5,40 $) 87 p.

*N° 34* **Les transports et notre avenir énergétique – Voyages interurbains au Canada**, septembre 1982 (SS22-1982/34F, Canada : 4,95 $; autres pays : 5,95 $) 128 p.

*N° 35* **Le pouvoir de réglementation et son contrôle – Sciences, valeurs humaines et décisions**, octobre 1982 (SS222-1982/35F, Canada : 4,95 $; autres pays : 5,95 $) 110 p.

## Exposés du Conseil

**Le support de la recherche au Canada – Un investissement qui s'impose**, mai 1978

**La forêt canadienne en danger**, mars 1983

## Exposés des comités du Conseil

**Pour une société de conservation** : Une déclaration, par le Comité de la Société de conservation, 1976, 24 p.

**Un potentiel de recherche du Canada en péril**, par le Groupe d'étude de la recherche au Canada, 1976, tête-bêche, 7 p.

**Les perspectives incertaines de l'industrie canadienne de fabrication – 1971-1977**, par le Comité de la politique industrielle, 1977, 57 p.

**La télématique : information de la société canadienne**, par un Comité spécial, 1978, 46 p.

**A Scenario for the Implementation of Interactive Computer-Communications Systems in the Home**, par le Comité de la télématique, 1979, 40 p.

**Les multinationales et la stratégie industrielle – Le rôle des droits exclusifs de diffusion mondiale d'un produit**, par le Groupe d'étude de la politique industrielle, 1980, 79 p.

**L'industrie dans une conjoncture difficile – Une déclaration**, par le Comité de la politique industrielle, 1981, 107 p.

**Les femmes et l'enseignement des sciences au Canada – Une déclaration**, par le Comité de l'enseignement des sciences, 1982, tête-bêche, 6 p.

## Rapports sur des questions soumises par le Ministre d'État

**Recherche et développement au Canada** – Rapport du Comité consultatif spécial pour la R & D auprès du Ministre d'État aux Sciences et à la Technologie, 1979, 35 p.

**La sensibilisation du public canadien aux sciences et à la technologie** – Rapport à l'intention du Ministre d'État chargé des Sciences et de la Technologie, 1981, 60 p.

## Études de documentation

*N° 1* **Upper Atmosphere and Space Programs in Canada**, by J.H. Chapman, P.A. Forsyth, P.A. Lapp, G.N. Patterson, February 1967 (SS21/1, 2,50 $) 258 p.

*N° 2* **Physics in Canada: Survey and Outlook**, by a Study Group of the Canadian Association of Physicists headed by D.C. Rose, May 1967 (SS21-1/2, 2.50 $) 385 p.

*N° 3* **La psychologie au Canada**, par M.H. Appley et Jean Rickwood, septembre 1967 (SS21-1/3F, 2,50 $) 145 p.

*N° 4* **La proposition d'un générateur de flux neutroniques intenses – Évaluation scientifique et économique**, par un Comité du Conseil des sciences du Canada, décembre 1967 (SS21-1/4F, 2,00 $) 203 p.

*N° 5* **La recherche dans le domaine de l'eau au Canada**, par J.P. Bruce et D.E.L. Maasland, juillet 1968 (SS21-1/5F, 2,50 $) 190 p.

*N° 6* **Études de base relatives à la politique scientifique : Projections des effectifs et des dépenses en R & D**, par R.W. Jackson, D.W. Henderson et B. Leung, 1969 (SS21-1/6F, 1,25 $) 94 p.

*N° 7* **Le gouvernement fédéral et l'aide à la recherche dans les universités canadiennes**, par John B. Macdonald, L.P. Dugal, J.S. Dupré, J.B. Marshall, J.G. Parr, E. Sirluck et E. Vogt, 1969 (SS21-1/7F, 3,75 $) 397 p.

*N° 8* **L'information scientifique et technique au Canada**, Première partie, par J.P.I. Tyas, 1969 (SS21-1/8F, 1,50 $) 74 p.
IIe partie, Premier chapitre : Les ministères et organismes publics (SS21-1/8-2-1F, 1,75 $) 188 p.
IIe partie, Chapitre 2 : L'industrie (SS21-1/8-2-2F, 1,75 $) 84 p.
IIe partie, Chapitre 3 : Les universités (SS21-1/8-2-3F, 1,75 $) 129 p.
IIe partie, Chapitre 4 : Organismes internationaux et étrangers (SS21-1/8-2-4F, 1,00 $) 67 p.
IIe partie, Chapitre 5 : Les techniques et les sources (SS21-1/8-2-5F, 1,25 $) 113 p.
IIe partie, Chapitre 6 : Les bibliothèques (SS21-1/8-2-6F, 1,00 $) 57 p.
IIe partie, Chapitre 7 : Questions économiques (SS21-1/8-2-7F, 1,00 $) 67 p.

*N° 9* **La chimie et le génie chimique au Canada : Étude sur la recherche et le développement technique**, par un groupe d'étude de l'Institut de chimie du Canada, 1969 (SS21-1/9F, 2,50 $) 106 p.

*N° 10* **Les sciences agricoles au Canada**, par B.N. Smallman, D.A. Chant, D.M. Connor, J.C. Gilson, A.E. Hannah, D.N. Huntley, E. Mercier, M. Shaw, 1970 (SS21-1/10F, 2,00 $) 157 p.

*N° 11* **L'Invention dans le contexte actuel**, par Andrew H. Wilson, 1970 (SS21-1/11F, 1,50 $) 82 p.

*N° 12* **L'aéronautique débouche sur l'avenir, par J.J. Green, 1970 (SS21-1/12F, 2,50 $) 156 p.**

*N° 13* **Les sciences de la Terre au service du pays**, par Roger A. Blais, Charles H. Smith, J.E. Blanchard, J.T. Cawley, D.R. Derry, Y.O. Fortier, G.G.L. Henderson, J.R. Mackay, J.S. Scott, H.O. Seigel, R.B. Toombs et H.D.B. Wilson, 1971 (SS21-1/13F, 4,50 $) 392 p.

*N° 14* **La recherche forestière au Canada**, par J. Harry G. Smith et Gilles Lessard, mai 1971 (SS21-1/14F, 3,50 $) 234 p.

*N° 15* **La recherche piscicole et faunique**, par D.H. Pimlott, C.J. Kerswill et J.R. Bider, juin 1971 (SS21-1/15F, 3,50 $) 205 p.

*N° 16* **Le Canada se tourne vers l'océan : Étude sur les sciences et la technologie de la mer**, par R.W. Stewart et L.M. Dickie, septembre 1971 (SS21-1/16F, 2,50 $) 189 p.

*N° 17* **Étude sur les travaux canadiens de R & D en matière de transport**, par C.B. Lewis, mai 1971 (SS21-1/17F, 0,75 $) 31 p.

*N° 18* **Du formol au Fortran : La biologie au Canada**, par P.A. Larkin et W.J.D. Stephen, août 1971 (SS21-1/18F, 2,50 $) 87 p.

*N° 19* **Les conseils de recherches dans les provinces, au service du Canada**, par Andrew H. Wilson, juin 1971 (SS21-1/19F, 1,50 $) 117 p.

*N° 20* **Perspectives d'emploi pour les scientifiques et les ingénieurs au Canada**, par Frank Kelly, mars 1971 (SS21-1/20F, 1,00 $) 65 p.

*N° 21* **La recherche fondamentale**, par P. Kruus, décembre 1971 (SS21-1/21F, 1,50 $) 73 p.

*N° 22* **Sociétés multinationales, investissement direct de l'étranger, et politique des sciences du Canada**, par Arthur J. Cordell, décembre 1971 (SS21-1/22F, 1,50 $) 95 p.

*N° 23* **L'innovation et la structure de l'industrie canadienne**, par Pierre L. Bourgault, mai 1973 (SS21-1/23F, 4,00 $) 135 p.

*N° 24* **Aspects locaux, régionaux et mondiaux des problèmes de qualité de l'air**, par R.E. Munn, janvier 1973 (SS21-1/24F, 0,75 $) 39 p.

*N° 25* **Les associations nationales d'ingénieurs, de scientifiques et de technologues du Canada**, par le Comité de direction de SCITEC et le Professeur Allen S. West, juin 1973 (SS21-1/25F, 2,50 $) 135 p.

*N° 26* **Les pouvoirs publics et l'innovation industrielle**, par Andrew H. Wilson, décembre 1973 (SS21-1/26F, 2,50 $) 288 p.

*N° 27* **Études sur certains aspects de la politique des richesses naturelles**, par W.D. Bennett, A.D. Chambers, A.R. Thompson, H.R. Eddy et A.J. Cordell, septembre 1973 (SS21-1/27F, 2,50 $) 126 p.

*N° 28* **Formation et emploi des scientifiques : Caractéristiques des carrières de certains diplômés canadiens et étrangers**, par A.D. Boyd et A.C. Gross, février 1974 (SS21-1/28F, 2,25 $) 146 p.

*N° 29* **Considérations sur les soins de santé au Canada**, par H. Rocke Robertson, décembre 1973 (SS21-1/29F, 2,75 $) 180 p.

*N° 30* **Un mécanisme de prospective technologique : Le cas de la recherche du pétrole sous-marin sur le littoral atlantique**, par M. Gibbons et R. Voyer, mars 1974 (SS21-1/30F, 2,00 $) 116 p.

*N° 31* **Savoir, Pouvoir et Politique générale**, par Peter Aucoin et Richard French, novembre 1974 (SS21-1/31F, 2,00 $) 93 p.

*N° 32* **La diffusion des nouvelles techniques dans le secteur de la construction**, par A.D. Boyd et A.H. Wilson, janvier 1975 (SS21-1/32F, 3,50 $) 169 p.

*N° 33* **L'économie d'énergie**, par F.H. Knelman, juillet 1975 (SS21-1/33F, Canada : 1,75 $; autres pays : 2,10 $) 95 p.

*N° 34* **Développement économique du Nord canadien et mécanismes de prospective technologique : Étude de la mise en valeur des hydrocarbures dans le delta du Mackenzie et la mer de Beaufort, et dans l'Archipel arctique**, par Robert F. Keith, David W. Fischer, Colin E. De'Ath, Edward J. Farkas, George R. Francis et Sally C. Lerner, mai 1976 (SS21-1/34F, Canada : 3,75 $; autres pays : 4,50 $) 240 p.

*N° 35* **Rôle et fonctions des laboratoires de l'État en matière de diffusion des nouvelles techniques vers le secteur secondaire**, par Arthur J. Cordell et James Gilmour, mars 1980 (SS21-1/35F, Canada : 6,50 $; autres pays : 7,80 $) 418 p.

*N° 36* **Économie politique de l'essor du Nord**, par K.J. Rea, novembre 1976 (SS21-1/36F, Canada : 4,00 $; autres pays : 4,80 $) 270 p.

*N° 37* **Les sciences mathématiques au Canada**, par Klaus P. Beltzner, A. John Coleman et Gordon D. Edwards, mars 1977 (SS21-1/37F, Canada : 6,50 $; autres pays : 7,80 $) 282 p.

*N° 38* **Politique scientifique et objectifs de la société**, par R.W. Jackson, août 1977 (SS21-1/38F, Canada : 4,00 $; autres pays : 4,80 $) 140 p.

*N° 39* **La législation canadienne et la réduction de l'exposition aux contaminants**, par Robert T. Franson, Alastair R. Lucas, Lorne Giroux et Patrick Kenniff, août 1978 (SS21-1/39F, Canada : 4,00 $; autres pays : 4,80 $) 152 p.

*N° 40* **Réglementation de la salubrité de l'environnement et de l'ambiance professionnelle au Royaume-Uni, aux États-Unis et en Suède**, par Roger Williams, mars 1980 (SS21-1/40F, Canada : 5,00 $; autres pays : 6,00 $) 247 p.

*N° 41* **Le mécanisme réglementaire et la répartition des compétences en matière de réglementation des agents toxiques au Canada**, par G. Bruce Doern, mars 1980 (SS21-1/41F, Canada : 5,50 $; autres pays : 6,00 $) 262 p.

*N° 42* **La mise en valeur du gisement minier de la baie Strathcona : Une étude de cas en matière de décision**, par Robert B. Gibson, décembre 1980 (SS21-1/42F, Canada : 8,00 $; autres pays : 9,60 $) 378 p.

*N° 43* **Le maillon le plus faible : L'aspect technologique du sous-développement industriel du Canada**, par John N.H. Britton et James M. Gilmour, avec l'aide de Mark G. Murphy, mars 1980 (SS21-1/4F, Canada : 5,00 $; autres pays : 6,00 $) 251 p.

*N° 44* **La participation du gouvernement canadien à l'activité scientifique et technique internationale**, par Jocelyn Maynard Ghent, février 1981 (SS21-1/4F, Canada : 4,50 $; autres pays : 5,40 $) 155 p.

*N° 45* **Coopération et développement international - Les universités canadiennes et l alimentation mondiale**, par William E. Tossell, janvier 1981 (SS21-1/45F, Canada : 6,00 $; autres pays : 7,20 $) 163 p.

*N° 46* **Le rôle accessoire de la controverse scientifique et technique dans l'élaboration des politiques de l'Administration fédérale**, par G. Bruce Doern, septembre 1981 (SS21-1/46F, Canada : 4,95 $; autres pays : 5,95 $) 125 p.

*N° 47* **Les enquêtes publiques au Canada**, par Liora Salter et Debra Slaco, avec l'aide de Karin Konstantynowicz, juillet 1982 (SS21-1/47F, Canada : 7,95 $; autres pays : 9,55 $) 261 p.

*N° 48* **Les entreprises émergentes : pour jouer gagnant**, par Guy P.F. Steed, décembre 1982 (SS21-1/48F, Canada : 6,95 $; autres pays : 8,35 $) 200 p.

*N° 49* **Les pouvoirs publics et la microélectronique - L'expérience de cinq pays européens**, Dirk de Vos, mars 1983 (SS21-1/49F, Canada : 4,50 $; autres pays : 5,40 $) 125 p.

*N° 50* **Le défi de la coopération - La politique industrielle dans la Fédération canadienne**, Michael Jenkin, août 1983 (SS21-1/50F, Canada : 8,95 $; autres pays : 10,75 $) 239 p.

*N° 51* **Partenaires pour la stratégie industrielle - Le rôle particulier des Organismes provinciaux de recherches**, par Donald J. Le Roy et Paul Dufour, octobre 1983 (SS21-1/51F, Canada : 5,50 $; autres pays : 6 60 $) 155 p.

*N° 52* **L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes.** Volume I - Introduction et analyse des programmes d'études, par Graham W.F. Orpwood et Jean-Pascal Souque, avril 1984 (SS21-1/52-1-1984F, Canada : 8,00 $; autres pays : 9,00 $). Volume II - Données statistiques de base pour l'enseignement des sciences au Canada, par Graham W.F. Orpwood et Isme Alam, avril 1984 (SS21-1/52-2-1984F, Canada : 5,50 $; autres pays : 6,60 $). Volume III - Étude de cas, par John Olson et Thomas Russell, avril 1984 (SS21-1/52-3-1984F, Canada : 10,95 $; autres pays : 18,15 $).

## Publications hors série

### *1976*

**Energy Scenarios for the Future**, par Hedlin, Menzies & Associates, 423 p.
**Science and the North: An Essay on Aspirations**, par Peter Larkin, 8 p.

Dialogue sur le nucléaire — Compte rendu d'une table ronde sur les questions soulevées par l'énergie nucléaire au Canada, 76 p.

### *1977*

**Vue d'ensemble de la contamination par le mercure au Canada**, par Clarence T. Charlebois, 23 p.
**Vue d'ensemble des dangers de la contamination par le chlorure de vinyle au Canada**, par J. Basuk, 24 p.
**Materials Recycling: History, Status, Potential**, par F.T. Gerson Limited, 98 p.

Les effectifs de la recherche universitaire — Tendances et orientations
Compte rendu, 19 p.
Exposés à débattre, 215 p.
Documentation, 338 p.
Living with Climatic Change: A Proceedings, 90 p.
Proceedings of the Seminar on Natural Gas from the Arctic by Marine Mode A Preliminary Assessment, 254 p.
Seminar on a National Transportation System for Optimum Service: A Proceedings, 73 p.

*1978*

**Le Centre des Ressources du Nord – Première étape vers la création de l'Université boréale**, par le Comité de l'essor du Nord, 15 p.
**Vue d'ensemble de la contamination par l'amiante au Canada**, par Clarence T. Charlebois, 24 p.
**Vue d'ensemble de la contamination par les oxydes d'azote au Canada**, par J. Basuk, 23 p.
**Federal Funding of Science in Canada: Apparent and Effective Levels**, par J. Miedzinski et K.P. Beltzner, 78 p.

Appropriate Scale for Canadian Industry: A Proceedings, 211 p.
Proceedings of the Public Forum on Policies and Poisons, tenu à Toronto, 15 novembre 1977, 40 p.
Science Policies in Smaller Industrialized Northern Countries: A Proceedings, 93 p.

*1979*

**Un contexte canadien pour l'enseignement des sciences**, par James E. Page, 55 p.
**Vue d'ensemble de la contamination par les rayonnements ionisants au Canada**, par J. Basuk, 197 p.
**Canadian Food and Agriculture: Sustainability and Self-Reliance: A Discussion Paper**, par le Committee on Canada's Scientific and Technological Contribution to World Food Supply, 52 p.

À partir de la base – Contribution des ONG canadiens à l'alimentation et à l'aménagement rural dans le Tiers Monde, 163 p.
Opportunities in Canadian Transportation
Conference Proceedings, 162 p.
Auto Sub-Conference Proceedings, 136 p.
Bus/Rail Sub-Conference Proceedings, 122 p.
Air Sub-Conference Proceedings, 131 p.
The Politics of an Industrial Strategy: A Proceedings, 115 p.

*1980*

**Food for the Poor: The Role of CIDA in Agricultural, Fisheries and Rural Development**, par Suteera Thomson, 194 p.
**L'Enseignement des sciences dans une perspective sociale**, par Glen S. Aikenhead, 86 p.

Entropy and the Economic Process: A Proceedings, 107 p.
Opportunities in Canadian Transportation Conference Proceedings; 5, 270 p.
Compte rendu du Séminaire sur la recherche universitaire en péril, 91 p.
Social Issues in Human Genetics – Genetic Screening and Counselling: A Proceedings, 110 p.
The Impact of the Microelectronics Revolution on Work and Working: A Proceedings, 73 p.

*1981*

**L'enseignement des sciences vu par un ingénieur**, par Donald A. George, 36 p.
**The Limits of Consultation: A debate among Ottawa, the Provinces, and the Private Sector on an Industrial Strategy**, par D. Brown, J. Eastman, avec I. Robinson, 195 p.

Biotechnology in Canada – Promises and Concerns: A Proceedings, 62 p.
L'articulation du complexe de la recherche
1er volume : Abrégés des communications, 130 p.
2e volume : Texte intégral des communications, 324 p.
The Adoption of Foreign Technology by Canadian Industry: A Proceedings, 152 p.
L'influence de la mutation microélectronique sur la branche canadienne de l'électronique, 105 p.
L'avenir de l'enseignement assisté par ordinateur, 51 p.

*1982*

**Qu'est-ce que la pensée scientifique?** par Hugh Munby, 42 p.
**La Macroscole - ou l'enseignement systémique des sciences**, par M. Risi, 65 p.

Les sciences au Québec : Quelle éducation? - Compte rendu, 134 p.
Qui fait tourner la roue? - Compte rendu, 149 p.

*1983*

**Les parlementaires et la science**, Exposé à débattre, par Karen Fish, 50 p.
**La culture scientifique - Vers l'équilibre dans le choix d'objectifs pour l'enseignement des sciences à l'école**, Exposé à débattre, par Douglas A. Roberts, 43 p.
**Un regard neuf sur la société de conservation**, par Ted Schrecker, 52 p.
**La réglementation des recherches sur la recombinaison génétique - Le dossier de trois pays**, par Howard Eddy, 101 p.

L'Atelier sur l'intelligence artificielle, par F. David Peat, 79 p.